

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ
INSTITUT DOPRAVY

UPLATNĚNÍ BIONAFTY V DOPRAVNÍ ORGANIZACI

Biodiesel Utilization in Transport Organization

Vedoucí bakalářské práce:	doc. Ing. Petr Škapa, CSc.
Student:	Aleš Vilam
Datum odevzdání:	21. 5. 2012

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání bakalářské práce

Student:

Aleš Vilam

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R003 Dopravní technika a technologie

Téma:

Uplatnění bionafty v dopravní organizaci
Biodiesel Utilization in Transport Organization

Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Přinést objektivní a ucelený pohled na bionaftu, jako možnou alternativu fosilních paliv v dopravní organizaci.

Osnova práce:

1. Úvod
2. Charakteristika bionafty
3. SWOT analýza použití bionafty a fosilních paliv
4. Technické zázemí pro nakládání s bionaftou
5. Porovnání spotřeby vozidel jezdících na bionaftu a fosilní palivo
6. Ekonomické vyhodnocení
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


Šebor, G., Pospíšil, M., Žárovec, J.: Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv. Praha: Ústav technologie ropy a petrochemie, VŠCHT Praha. 2006.
Studie proveditelnosti „Podpora veřejné hromadné dopravy ve Středočeském kraji s cílem její postupné ekologizace přechodem na alternativní druh paliva resp. pohonu“. Brno: CDV Brno. 2006.
Firemní podklady výrobce a dodavatele bionafty

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Škapa, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012


doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení bakaláře

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Aleš Vilam

Prohlašuji, že

jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu s jejich strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Podpis

Aleš Vilam

Ostravská 8, Budišovice

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Škapovi, CSc. za jeho čas a ochotu poskytnout mi cenné rady a doporučení v průběhu vypracovávání bakalářské práce.

Také bych chtěl poděkovat Ing. Přemyslovi Hruškovi za konzultace a cenné rady poskytnuté v průběhu vypracovávání bakalářské práce.

Anotace bakalářské práce

VILAM, A.: Uplatnění bionafty v dopravní organizaci. Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012, Bakalářská práce, vedoucí: doc. Ing. Petr Škapa, CSc.

Cílem bakalářské práce je přinést objektivní a ucelený pohled na bionaftu jako na možnou alternativu fosilních paliv v dopravní organizaci. Úvodní část práce se zabývá představením bionafty jako paliva a porovnáním s motorovou naftou na základě teoretických poznatků. V další části následuje praktické porovnání a ekonomické vyhodnocení spotřeb kolejových vozidel zkušebně provozovaných na obě paliva.

Klíčová slova: bionafta, nafta, alternativní palivo

Annotation of bachelor work

VILAM, A.: Biodiesel Utilization in Transport Organization. Ostrava, Institute of Transport, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB - Technical University of Ostrava, 2012, Bachelor work, head: doc. Ing. Petr Škapa, CSc.

The aim of the bachelor work is to bring an objective and comprehensive view of biodiesel as an alternative to fossil fuels in transport organization. The opening part deals with the introduction of biodiesel as a fuel and its comparison with diesel fuel, based on theoretical knowledge. In the following section is practical comparison and economic evaluation of consumption tests of locomotives operating on both fuels.

Key words: biodiesel, diesel, alternative fuel

Obsah

OBSAH	11
SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ A SYMBOLŮ.....	12
1. ÚVOD.....	13
2. CHARAKTERISTIKA BIONAFTY	15
2.1. VÝROBA BIONAFTY	15
2.2. ZDROJE PRO VÝROBU BIONAFTY V ČESKÉ REPUBLICE	18
2.3. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI BIONAFTY	19
2.4. EKOLOGICKÉ POROVNÁNÍ MOTOROVÉ NAFTY A BIONAFTY	20
3. SWOT ANALÝZA.....	22
3.1 KRITERIA PRO VYHODNOCENÍ SWOT ANALÝZY	22
3.2 VYHODNOCENÍ SWOT ANALÝZY.....	25
4. TECHNICKÉ ZÁZEMÍ PRO NAKLÁDÁNÍ S BIONAFTOU	30
4.1 PŘÍPRAVA TECHNICKÉHO ZÁZEMÍ PRO SPALOVÁNÍ BIONAFTY	33
5. POROVNÁNÍ SPOTŘEBY VOZIDEL JEZDÍCÍCH NA MOTOROVOU NAFTU A NA BIONAFTU	34
5.1 POROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ MOTOROVÉ NAFTY A BIONAFTY	34
5.2 SROVNÁVANÁ KOLEJOVÁ HNACÍ VOZIDLA	37
5.2.1 Vozidla řady 729.....	37
5.2.2 Vozidla řada 740.....	39
5.3. MĚŘENÍ A POROVNÁNÍ SPOTŘEBY HNACÍCH KOLEJOVÝCH VOZIDEL	40
5.3.1. Měření spotřeby kolejových vozidel provozovaných na motorovou naftu	40
5.3.2. Měření spotřeby kolejových vozidel provozovaných na bionaftu	42
6. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ.....	44
7. ZÁVĚR	47
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48
SEZNAM OBRÁZKŮ	49
SEZNAM TABULEK.....	49
SEZNAM PŘÍLOH.....	50
PŘÍLOHY	51

Seznam použitého značení a symbolů

ARD	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
CNG	Stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas)
ČSN	Česká státní norma
ES	Evropská směrnice
EU	Evropská unie
FAME	Metylester mastných kyselin (Fat Acid Methylester)
LPG	Zkapalněný ropný plyn (Liquefied Petroleum Gas)
MEŘO	Metylester řepkového oleje
MN	Motorová nafta
RID	Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečného zboží
SWOT	Analýza silných (Strength) a slabých (Weaknesses) stránek, příležitostí (Opportunities) a hrozeb (Threats)
UN	Identifikační číslo látky

1. Úvod

Předkládaná bakalářská práce se zabývá uplatněním bionafty v dopravní organizaci. Toto téma bylo vybráno z několika důvodů. V posledních letech je pozorovatelná snaha evropských států o omezení dovozu ropy z jiných zemí, o snížení zátěže životního prostředí výfukovými plyny spalovacích motorů a také o podporu zemědělského sektoru. Jako možné řešení těchto problémů bývají označována alternativní paliva, především pak biopaliva. Cílem práce je přinést objektivní a ucelený pohled na bionaftu jako na možnou a vhodnou alternativu fosilních paliv.

Práce je rozdělena na představení bionafty jako látky a paliva, na porovnání bionafty s motorovou naftou z teoretických poznatků prostřednictvím SWOT analýz vytvořených pro každé palivo. Praktické porovnání spotřeby bylo provedeno na základě naměřených dat hnacích kolejových vozidel zkušebně provozovaných na bionaftu se spotřebou vozidel provozovaných na motorovou naftu.

V zemích Evropské unie dostávají výše uvedené požadavky konkrétní obrysy v zelené knize Evropské komise [1]. Účelem zelených knih je soustředit co nejvíce návrhů na realizaci plánované akce a předložit je veřejnosti za účelem vyvolání diskuse [4]. Zde je stanoven cíl nahradit alespoň 20 % tradičních pohonných hmot na ropné bázi palivy alternativními.

Tabulka 1: Předpokládaný podíl alternativních paliv na trhu do r. 2020 [2]

Rok	Biopaliva (%)	CNG (%)	Vodík (%)	Celkem (%)
2005	2	-	-	2
2010	6	2	-	8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

Podle údajů uvedených v tabulce (Tabulka 1) se v současnosti největší měrou podílí na nahrazování fosilních paliv biopaliva. Biopalivo je označováno jako palivo, ať už kapalné nebo plynné, které je vytvořeno z biomasy, tedy ze souhrnu látek tvořících těla všech organismů (živočichů, rostlin, hub atd.). Jako možná alternativa fosilního paliva bude v následující práci posuzována a hodnocena bionafta.

Termín bionafta je v České republice užíván pro metylester vyrobený z rostlinného nebo živočišného oleje, resp. tuku. Často je možné se setkat s označením metylester mastných kyselin (fat acid methylester = FAME = MEŘO). Kvalitou musí odpovídat kvalitě klasické motorové nafty, užívá se jako palivo pro vznětové motory. Velmi důležitá je obnovitelnost tohoto paliva.

V České republice se lze setkat především se třemi možnými způsoby použití esterů mastných kyselin jako paliva pro vznětové motory:

- 1) První způsob použití je forma čisté bionafty bez příměsí (B100). Palivo vydávané za čistou bionaftu musí splňovat požadavky kladené normou ČSN EN 14212 Motorová paliva – Metylestery mastných kyselin pro vznětové motory – Technické požadavky a metody zkoušení. Jakostní požadavky jsou uvedeny v příloze (Příloha 1).
- 2) Směsné palivo je formou paliva obsahující ve svém objemu minimálně 30 % FAME (B30). Kvalita paliva je udávána normou ČSN 65 6508 Motorová paliva – Směsné motorové nafty obsahující metylestery mastných kyselin – Technické požadavky a metody zkoušení. Směsné palivo takto distribuované je skladováno samostatně a výdejní místo musí být speciálně označené. Jakostní požadavky jsou uvedeny v příloze (Příloha 2).
- 3) Třetí formou je přídavek FAME v maximální míře 7 % objemu přimíchaný do motorové nafty získané ropnou frakcí. Kvalita tohoto paliva se řídí normou ČSN EN 590 Motorová paliva – Motorové nafty – Technické požadavky a metody zkoušení. Tato forma paliva je běžně k dostání u čerpacích stanic na území české republiky a nevyžaduje zvláštní označení výdejních stanic. Jakostní požadavky jsou uvedeny v příloze (Příloha 3).

V zahraničních zemích je na rozdíl od České republiky pojem bionafta chápán nejen jako výhradní metylester mastných kyselin, ale i jako směs s fosilní složkou v různých poměrech. Nejčastěji distribuovaným druhem ve světě je směs 20% bionafty a 80% motorové nafty známá jako palivo B20. Další směsná paliva nesou obdobné označení, ve kterém cifra za písmenem B (Bionic) odpovídá procentuální příměsí biosložky v jejím objemu – 5% (B5), 10% (B10), 30% (B30).

Na základě snahy EU snížit množství skleníkových plynů produkovaných na jejím území, omezit závislost na dodávkách ropy z okolních zemí a zvýšit podporu zemědělského sektoru v rámci unie byla přijata evropská směrnice 2009/28/ES o podpoře

využívání energie z obnovitelných zdrojů. Jako člen Evropské unie na tuto směrnici reagovala i Česká republika přijetím zákona 172/2010 Sb. o ochraně ovzduší.

Zákonem 172/2010 Sb. byla stanovena povinnost od 1. června 2010 nahradit minimálně 6 % objemu motorové nafty biopalivem odpovídající kvality. Příklad biopaliva však nesmí přesáhnout množství 7 % objemu. Zákon také ukládá sankce pro případ nedodržení povinností z něj vyplývajících. Sortiment distribuovaných paliv a jejich kvalita jsou předepsány řadou zákonů a vyhlášek.

Snahu o masovější využívání biopaliv v České republice můžeme pozorovat i ve formě ekonomické podpory ze strany státu. Zákon o spotřebních daních 292/2009 Sb. snižuje spotřební daň směsného paliva tvořeného z třiceti procent bioložkou o cca 30 % oproti motorové naftě. Čistá forma biopaliva je osvobozena od spotřební daně úplně. Na směsi fosilních paliv s nízkým podílem povinně přimíchávané bionafty, se daňové úlevy nevztahují.

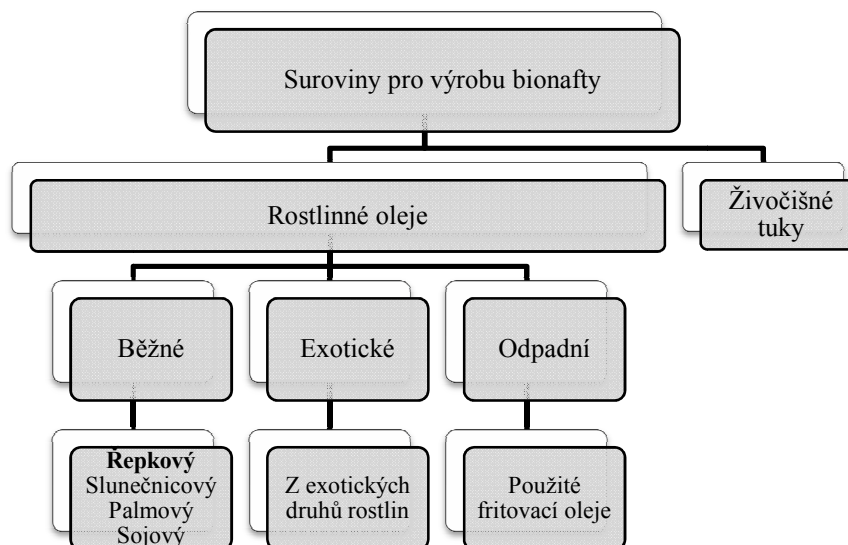
2. Charakteristika bionafty

Bionafta je motorové palivo obsahující metylestery mastných kyselin. Je to kapalina nažloutlé barvy, její hustota při 15°C je 820,0 – 860,0 kg/m³, bod vzplanutí je nad 55°C, cetanové číslo je minimálně 51. Veškeré technické požadavky a metody zkoušení daných ukazatelů jsou zpracovány v ČSN 656508:2009 [11].

2.1. Výroba bionafty

Pro výrobu bionafty jsou využívány rostlinné nebo živočišné tuky, které mohou být odpadem jiné výroby nebo jsou pro výrobu bionafty přímo produkovány (Obrázek 1).

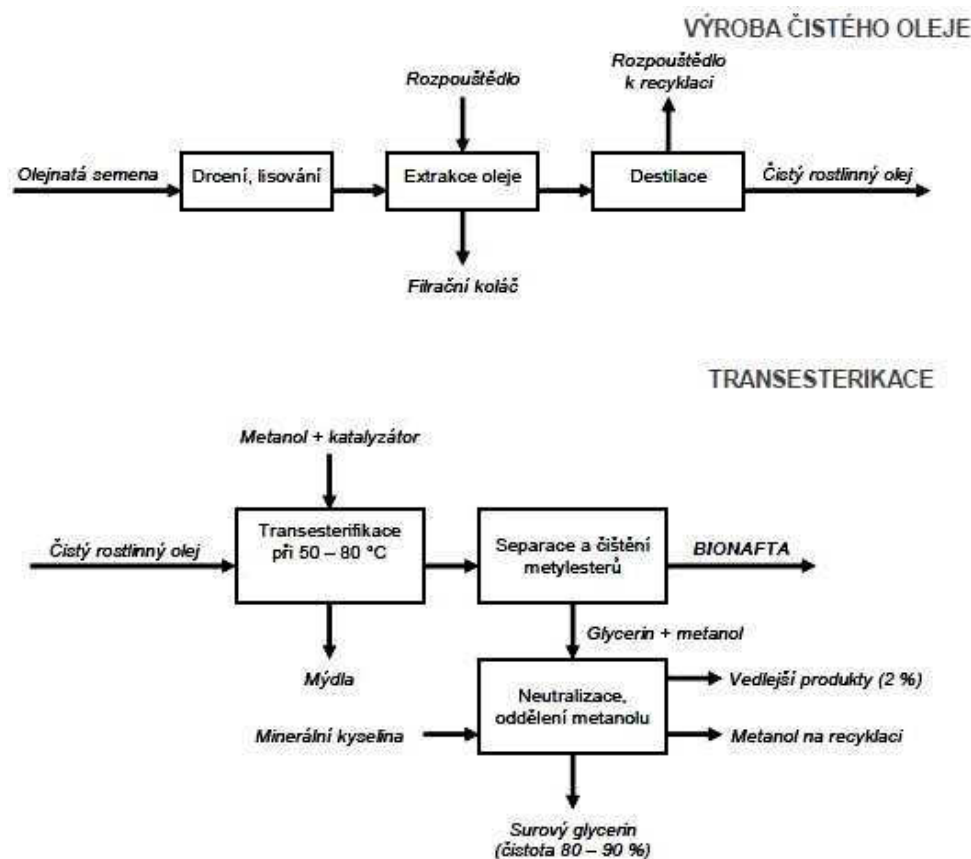
Obrázek 1: Vstupní suroviny pro výrobu bionafty



Výroba bionafty (Obrázek 2) je realizována za pomoci chemické reakce, tzv. transesterifikací. Do té vstupují rostlinné či živočišné tuky a metanol. Reakci doprovází katalyzátor, jímž je nejčastěji hydroxid sodný (NaOH) nebo hydroxid draselný (KOH), vzniká metylester mastné kyseliny a glycerol. Celý postup výroby bionafty lze znázornit schématem (Obrázek 2) [1].

Fáze výroby lze rozdělit na dvě části. V první fázi výroby se z olejnatých semen získává extrakcí čistý rostlinný olej a pokrutiny dále zpracovávají v zemědělství. Ve druhé fázi dochází k vlastní chemické reakci, při které se rostlinné oleje přeměňují na bionaftu.

Obrázek 2: Schéma postupu při výrobě bionafty



Živočišné tuky se při průmyslové výrobě bionafty využívají minimálně. Můžeme mezi ně zařadit rybí tuk, vepřové sádlo nebo hovězí lůj. Rostlinné oleje se získávají ze semen olejnatých rostlin, mezi které lze zařadit slunečnici, sóju atd. V současné době v celosvětovém měřítku můžeme považovat za nejvyužívanější rostlinu pro tyto účely řepku olejku, na jejímž základě je produkováno okolo 80 % roční produkce bionafty. Množství metanolu potřebného k výrobě bionafty se pohybuje okolo 10 % hmotnosti MEŘO [1].

Ve vznětových motorech lze jako palivo využít i čistý rostlinný olej bez jakékoli chemické či fyzikální změny. Vlastnosti takového paliva se ovšem ukázaly jako problémové především v zimních měsících.

Způsob výroby bionafty je v současné době dobře propracovaná a časem prověřená technologie a nepředpokládá se, že v dohledné době bude její postup nějak výrazně pozměněn. Velký prostor pro inovace nabízí nakládání s odpadními produkty celého procesu výroby. Jedním ze zbytkových produktů jsou zbytky rostlin po vylisování oleje (pokrutiny). Řepka olejka obsahuje 40 – 50 % oleje (kyselina olejová, linolová, linoleová,

eruková, palmitová, stearová, ...) [7] podle typu odrůdy a oblasti jejího pěstování. Výtěžnost oleje se podle použité technologie pohybuje v rozmezí 36 – 39 % hmotnosti. Množství pokrutin při lisování oleje tedy představuje až 64 % hmotnosti. Ty nachází uplatnění jako krmivo pro hospodářská zvířata (přidáváním do krmných směsí). Dalším vedlejším produktem je glycerol. Množství odpadního glycerolu při výrobě 1t MEŘO činí cca 110kg [1]. Glycerol nachází odbyt v kosmetickém, potravinářském a chemickém průmyslu a také se využívá jako surovina pro výrobu krmných směsí pro hospodářská zvířata [5]. V případě masovější výroby bionafty převýší množství odpadního glycerolu poptávku v těchto průmyslových odvětvích a bude zapotřebí pro takový druh odpadu najít další možnosti uplatnění. V případě, že se pro glycerol nenajde uplatnění, zvýší jeho neprodejnost koncovou cenu bionafty.

Výrobu MEŘO realizuje na území ČR několik subjektů. Mezi největší producenty patří PREOL, a.s., Lovosice, SETUZA, a.s. a společnost AGROPODNIK, a.s., Jihlava.

2.2. Zdroje pro výrobu bionafty v České republice

Nejdůležitějším zdrojem pro výrobu bionafty v ČR je zemědělská produkce řepky olejky (Obrázek 3).

Obrázek 3: Řepka olejka



Vývoj zemědělské produkce této plodiny od roku 2005 je shrnut v tabulce (Tabulka 2).

Tabulka 2: Data o pěstování řepky olejky na území ČR v období 2005 – 2011 (data ČSÚ)

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Osevní plocha (tis. ha)	267	292	337	357	355	369	373
Sklizené množství (tis. t)	769	880	1032	1049	1128	1042	-
Průměrný výnos z 1 ha (t/ha)	2,88	3,01	3,06	2,94	3,18	2,82	-

Výnosy řepky olejky jsou do značné míry závislé na klimatických podmínkách během pěstování. Je předpoklad, že do budoucna bude řepka olejka pěstována na plochách s menším obsahem živin. Proto lze předpokládat, že výnos nebude překračovat 2 t/ha. Tato ztráta bude kompenzována rostoucí osevní plochou. Množství semene řepky olejky tedy do budoucna postačí k pokrytí spotřeby potravinářského průmyslu i rostoucí spotřeby plodiny pro výrobu bionafty.

2.3. Fyzikální a chemické vlastnosti bionafty

Bionafta je používána jako vhodné palivo pro vznětové motory. Z tohoto použití plynou i její vlastnosti. V mnoha ohledech jsou podobné jako vlastnosti klasické motorové nafty. Velkou výhodou oproti normální naftě je obnovitelnost surovinových zdrojů pro výrobu tohoto paliva. Její biologická odbouratelnost se také považuje za výhodu, na druhou stranu se odbouratelnost projevuje jako nevýhoda z pohledu skladování. Ve skladovacích nádržích je totiž méně stabilní a dochází k její degradaci vlivem okolního prostředí a mikroorganismů.

Za pozitivní se také považuje mazací schopnost bionafty. Některé části spalovacího motoru nejsou promazávány olejem, ale přímo palivem. V tomto ohledu má bionafta lepší vlastnosti než nafta klasická, protože snižuje opotřebení některých částí palivového systému. V následující tabulce (Tabulka 3) jsou zobrazeny a porovnány některé vlastnosti bionafty a klasické motorové nafty.

Tabulka 3: Přehled některých vlastností bionafty (MEŘO) a motorové nafty [1]

Vybrané vlastnosti paliva	Bionafta (MEŘO)	Motorová nafta
Relativní molekulová hmotnost (g/mol)	300	170 - 200
Hustota při 15°C (kg/m³)	860 - 900	820 - 880
Kinematická viskozita při 40°C (mm²/s)	3,5 - 5,0	1,5 - 4
Cetanové číslo	54	min. 51
Obsah kyslíku (% hmotnosti)	9 - 11	0 - 0,6
Výhřevnost (MJ/kg)	37	42,7
Bod vzplanutí (°C)	120	> 55

Rozdíl v molekulové hmotnosti a hustotě nám potvrzuje, že v případě směsného paliva obsahujícího obě porovnávané složky může dojít k usazení bionafty v nižších vrstvách. Kinematická viskozita nám udává míru vnitřního tření v kapalinách. Vyšší viskozitu má bionafta, s klesající teplotou se rozdíl mezi kapalinami ještě zvětší. Vysoká viskozita je pro kapalinu nežádoucí, v systémech vedení paliva může docházet ke špatnému proudění a následnému poškození či ucpávání. Při nízkých teplotách se v bionaftě navíc začínají vylučovat pevné části (parafiny), které zvyšují viskozitu kapaliny a zanášejí palivové filtry. Cetanové číslo (u benzinových směsí oktanové číslo) udává kvalitu paliva z hlediska jeho vznětové charakteristiky. Platí, že čím vyšší je cetanové číslo, tím je palivo vznětového motoru kvalitnější. Výfukové plyny po spálení kapaliny s vyšším cetanovým číslem obsahují méně nežádoucích zplodin. Jsou tedy ohleduplnější k životnímu prostředí. Vysoký obsah kyslíku v bionaftě napomáhá lepšímu spalování. K vznícení směsi postačí méně vzduchu. Nevýhodou procesu spalování bionafty je specifický zápach, který se uvolňuje. Další významnou nevýhodou bionafty je její výhřevnost. Spálením stejného množství bionafty dostaneme méně energie než spálením klasické nafty, z toho plyne vyšší spotřeba bionafty.

2.4 Ekologické porovnání motorové nafty a bionafty

Bionafta je obecně považována za alternativu paliva, které je šetrnější k přírodě. Tento pohled ovšem není zcela jednoznačný. V případě, že se zohlední i nepřímé změny využití krajiny, pak tato situace nemusí nastat. Nepřímými změnami rozumíme umělé zásahy do krajiny v podobě vysoušení mokřadů či kácení lesů, které musí ustoupit zemědělským plochám určeným k pěstování rostlin sloužícím k výrobě biopaliv [1]. Přeměnou těchto ploch v zemědělské ubývá rostlin, které jsou schopny pohlcovat některé látky, které se uvolňují při spalování. Dalším faktorem je energetická náročnost celého

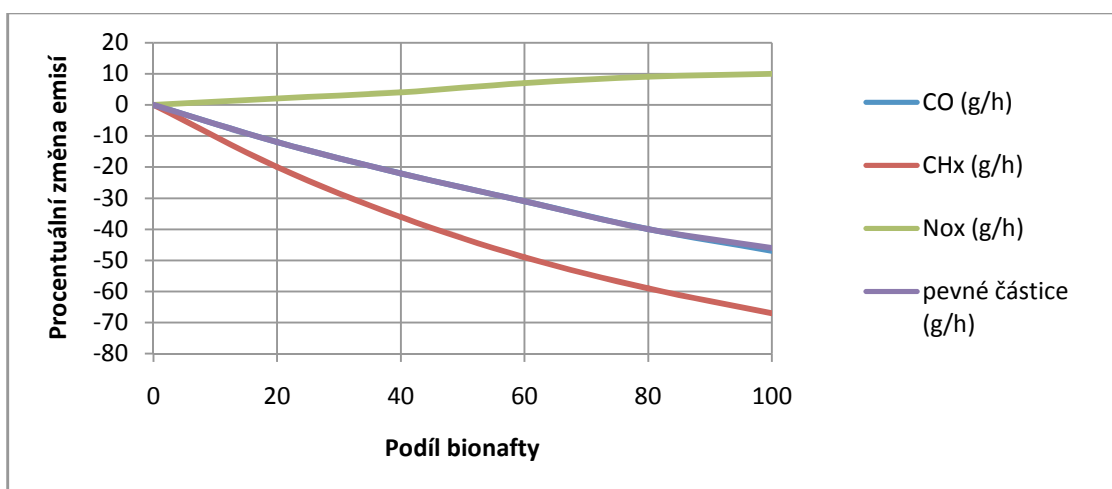
výrobního procesu, který předchází konečné spotřebě. Ve výrobním a distribučním procesu je nutné zahrnout jako zatěžující i emise uvolněné provozem zemědělských a jiných dopravních prostředků, které je nutné využít. Samotným spalováním biopaliva se do atmosféry uvolní emisních látek méně, ale při zohlednění zmíněných okolností není biopalivo k přírodě výrazně ohleduplnější variantou.

Tabulka 4: Procentuální změna množství vypouštěných emisí při spalování bionafty oproti naftě motorové [2]

	Bionafta
Oxid uhelnatý CO (g/h)	- 48 %
Uhlovodíky CH_x (g/h)	- 47 %
Oxidy dusíku NO_x (g/h)	+ 10 %
Pevné částice (g/h)	- 67 %

Z tabulky (Tabulka 4) je možno vyčíst, že spalováním paliv za stejnou časovou jednotku je v případě použití bionafty vypuštěno do ovzduší méně CO, CH_x a pevných částic. Je ovšem nutné si uvědomit, že bionafta má nižší energeticky využitelný obsah o cca 5 %. To znamená, že spalování motorové nafty za časovou jednotku uvolní do ovzduší větší množství emisí, ale získá se větší práce. Pro získání stejné práce je potřeba spálit větší množství bionafty, čímž se změní i množství uvolněných sloučenin do ovzduší. Lépe lze znázornit procentuální změnu v následujícím grafu (Obrázek 4).

Obrázek 4: Graf závislosti vypuštěných škodlivin vzhledem k přidání bionafty [2].



3. SWOT analýza

SWOT analýza je metoda, s jejíž pomocí lze identifikovat silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby vážící se k danému produktu případně projektu. Název analýzy je složen z počátečních písmen anglických slov strengths (silné stránky), weaknesses (slabé stránky), opportunities (příležitosti), threats (hrozby). Metoda byla definována v 60. a 70. letech 20. století Albertem Humphreyem. [13]. Jejím základem je identifikovat jednotlivé faktory ovlivňující analyzovanou problematiku a rozdělit je do čtyř výše uvedených skupin. Vzájemnou konfrontací jednotlivých faktorů lze získat nové informace osvětlující danou problematiku.

V následující části budou metodou SWOT analýzy zhodnoceny a porovnány varianty provozu motorových vozidel na bionaftu a běžnou motorovou naftu (Tabulka 5, Tabulka 6).

3.1 Kriteria pro vyhodnocení SWOT analýzy

Vydefinování silných a slabých stránek používání bionafty včetně vnějších příležitostí a hrozeb je zpracováno v následující tabulce (Tabulka 5).

Tabulka 5: Analýza kladných a záporných vlastností bionafty

	Výhody (S)	Nevýhody (W)
Vlastnosti (O)	Cetanové číslo Nižší produkce emisí Mazací vlastnosti Obnovitelnost surovin potřebných k výrobě Rychlá biologická odbouratelnost Bezpečnější manipulace a distribuce	Výhřevnost Vysoká kinematická viskozita, obzvláště při nízkých teplotách Skladovací stabilita Korozní působení na pohonný systém Zanášení palivových filtrů
Vnější Vlivy (hrozby) (T)	Tendence růstu cen ropy na světových trzích a její omezené množství. Daňové zvýhodnění biosložek. Zelená kniha Evropské komise prosazující biopaliva Zvyšování ochrany životního prostředí. Snížení závislosti na importované ropě Podpora zemědělského sektoru.	Ekonomická náročnost výroby Nízký obsah využitelné energie vzhledem ke spotřebě energie nutné k výrobě a distribuci. Závislost koncové ceny na cenách ropy Nedostatečně rozvinutá distribuční síť Nutnost vyčištění palivového systému od uhlíkových nečistot a vody. Neochota výrobců motorů poskytovat na motory záruku.

Mezi velice pozitivní lze zařadit vlastnosti bionafty týkající se životního prostředí. Suroviny pro její výrobu (především řepku olejku) lze pěstovat každým rokem, tím je lze považovat za obnovitelné. Z pohledu ochrany životního prostředí stojí za pozornost i odbouratelnost biopaliva. Palivo je z velké části (95%) schopno biologicky se v přírodě odbourat za 28 dní. Vzhledem k jeho rostlinnému původu je méně nebezpečné pro živočichy, kteří s ním přijdou do styku. Šetrnost k životnímu prostředí se projevuje i nižší produkcí škodlivých plynů. Tato produkce je dána cetanovým číslem, které je vyšší než u motorové nafty a udává tedy, že bionafta lépe v pístu spalovacího motoru shoří. Další výhodou je vyšší mazací schopnost bionafty těch částí motoru, které nejsou mazány motorovým olejem. Jako výhodu pro tento druh paliva lze uvést i tendenci podpory ekologických alternativ ze strany státní správy, případně Evropské Unie. Viz Zelená kniha Evropské komise zavazující se do roku 2020 nahradit alespoň 10% ropných paliv alternativními. Tyto tendence se projevují daňovými zvýhodněními a ekonomickou podporou biopaliv. Jako pozitivní lze také chápat tvorbu nových pracovních míst a podporu zemědělského sektoru, který je hlavním producentem surovin pro výrobu bionafty.

Jako horší vlastnost lze posoudit nízký energetický obsah (37MJ/kg) a z něj plynoucí vyšší spotřeba. Organický původ bionafty se projevuje především v tvorbě pevných částic vylučujících se při nízkých teplotách. Dále pak při dlouhodobém skladování dochází vlivem působení mikroorganismů k tvorbě kyselých kalů a následné zhoršené filtrovatelnosti paliva, což může vést k ucpávání palivových filtrů. Degradace se projevuje změnou barvy ze žluté (při výrobě) postupným tmavnutím až na barvu hnědou. Je nežádoucí, aby bionafta přišla do styku s vodou. Voda se v bionaftě lépe rozpouští a podporuje tak významně růst mikroorganismů. Zvýšená kyselost celé směsi má hrozné účinky na kovové části palivového systému. Významnou a často opomíjenou nevýhodou je ekonomicky velice náročný proces výroby samotné bionafty. Stejně tak i množství energie (často pocházející z neobnovitelných zdrojů) potřebné k výrobě a distribuci bionafty je vysoké vzhledem k využitelnému energetickému obsahu. Jako další nevýhoda je nutnost vyčistit palivový systém vozu, který byl dříve provozován na klasickou naftu od uhlíkových usazenin, které by bionafta rozpustila, a vody. Také distribuční síť v české republice není příliš rozvinutá a vyžádá si investici do svého rozšíření, v případě masovějšího využívání bionafty. V současné době je také problém s poskytováním záruky

ze strany výrobců motorů na jednotky, v nichž je spalováno větší množství biosložky, než zákonem stanovených 5 % objemu.

Bionafta je prezentována jako náhrada za motorovou naftu, proto se druhá část analýzy zaměří na tuto kapalinu.

Motorová nafta je směs kapalných uhlovodíků. Jsou to kapaliny čiré až nažloutlé barvy. Řadí se mezi hořlavé kapaliny III. třídy nebezpečnosti s bodem vzplanutí nad 55 °C. Musí být skladována a distribuována podle pravidel vyplývajících z jejích vlastností. Získává se destilací a následnou rafinací z ropy. Obvykle se tak děje při teplotách 150 – 370 °C. Kvalita motorové nafty je předepsána normou ČSN EN 590. V našich podmínkách je možné motorovou naftu dělit do několika tříd podle teploty prostředí, ve kterém je s ní manipulováno. Především se dbá na to, aby nafta při nízkých teplotách nezamrzla. Vlastnosti nafty za daných podmínek se dají upravit přidáním vhodných aditiv. Nejčastěji se aditivy upravuje cetanové číslo nafty, zlepšují se její nízkoteplotní vlastnosti, snižuje se pěnivost, zvyšuje se mazací schopnost, zabraňuje se degradaci paliva.

Tabulka 6: Analýza kladných a záporných vlastností motorové nafty

	Výhody (S)	Nevýhody (W)
Vlastnosti (O)	Energetický obsah Bod vzplanutí Kinematická viskozita Malá agresivita vůči palivovému systému Dobře filtrovatelná	Obtížně odbouratelná v přírodě Vysoký podíl závadných plynů vznikajících při spalování Výroba z omezeného zdroje
Vnější Vlivy (hrozby) (T)	Propracovaný technologický postup výroby a systém distribuce Přizpůsobení vznětových motorů této pohonné hmotě Nízká spotřeba energie pro výrobu	Omezené a hůře dostupné zásoby ropy. Zvyšující se cena ropy na světových trzích. Závislost jiných průmyslových odvětví na ropě. Velké daňové zatížení ČR je závislá na dodávkách ropy ze zahraničí

Motorová nafta se používá jako pohonná hmota pro vznětové motory od počátků jejich vzniku. Je to směs kapalných uhlovodíků získávaná z ropy. Její velkou výhodou je náskok před ostatními alternativami v oblasti výroby. Podniky zaměřené na rafinaci ropy vyrábí naftu velice efektivně. Také systém distribuce je v celosvětovém měřítku na vysoké úrovni. Vznětové motory jsou v současné době konstruovány tak, aby s motorovou naftou

pracovaly co nejefektivněji. Technologická vyspělost procesu výroby ropy ji činí stále jednou z energeticky méně náročných. Pozitivní vlastností samotné ropy je pak její chování v palivovém systému a samotném motoru. Ropa má oproti svým konkurentům stále vysoký energetický obsah. Má nižší vnitřní tření, tudíž systémem vedení paliva snáze protéká a nezanáší palivový filtr tak intenzivně jako její alternativy. Pro motorovou ropu jsou negativní především vyhlídky. Omezené množství světových zásob ropy má za následek zvyšování její ceny v závislosti na ubývajícím množství. Česká republika nemá dostatečné vlastní zásoby ropy, výroba ropy a dalších produktů je tedy závislá na dodávkách ropy ze zahraničí. Z ekonomického hlediska je ropa i přes velké daňové zatížení v jednotlivých státech stále výhodnou a konkurenceschopnou variantou pohonné hmoty. Velkou nevýhodu představuje hrozba ekologické zátěže v případě havárie. Ropa je v přírodě obtížně odbouratelná a v případě jejího úniku je v takovém místě prostředí významně ovlivněno.

3.2 Vyhodnocení SWOT analýzy

SWOT analýza byla vyhodnocena na základě stanovení vah důležitosti jednotlivých kritérií metodou párového porovnání. Kritéria byla zvolena na základě ekonomické výhodnosti pro spotřebitele a vnímání vlivu na životní prostředí.

Stanovení vah důležitosti každého kritéria je chápáno jako číselné ohodnocení významu každého kritéria tak, že čím větší význam má, tím vyšší je jeho váha v hodnocení. Pro dosažení schopnosti porovnat váhy jednotlivých kritérií stanovených různými metodami se váhy normují tak, aby jejich celkový součet byl roven jedné. [12]

Metoda párového porovnání zjišťuje preferenční vztahy dvojic kritérií a podle počtu preferencí a pořadí kritéria se následně určí jeho váha jako podíl čísla jedna. Preferenci kritéria určí hodnotitel a vyznačí číslo preferovaného kritéria v patřičném poli trojúhelníkové matice. Počet preferencí tohoto kritéria je roven četnosti záznamů v matici a předurčuje pořadí kritéria. V případě stejného počtu preferencí je určeno pořadí kritérií samostatně hodnotitelem. Normovaná váha každého kritéria se následně určí vztahy 3.1 a 3.2. [12]

$$k_i = n + 1 - p_i [-] \quad (3.1)$$

$$v_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} [-] \quad (3.2)$$

kde:

- k_i nenormovaná váha i-tého kritéria [-]
 p_i pořadí i-tého kritéria v jeho preferenčním uspořádání [-]
 v_i normovaná váha i-tého kritéria [-]
 n počet kritérií v souboru [-]

Analýza výhod a nevýhod vlastností bionafty pro spotřebitele je uvedena v následujících tabulkách (Tabulka 7, Tabulka 8). Analýza pozitivních a negativních vnějších vlivů ovlivňujících výrobu bionafty je shrnuta v tabulkách (Tabulka 9, Tabulka 10). Kompletní vyhodnocení SWOT analýzy bionafty je uvedeno v přílohách (Příloha 5).

Tabulka 7: Definice kritérií pro vlastnosti bionafty

	kriterium x_i	
Vlastnosti výhody	Cetanové číslo	x_1
	Nižší produkce emisí	x_2
	Mazací vlastnosti	x_3
	Obnovitelnost surovin potřebných k výrobě	x_4
	Rychlá biologická odbouratelnost	x_5
	Bezpečnější manipulace a distribuce	x_6
Vlastnosti nevýhody	Výhřevnost	x_7
	Špatné vlastnosti za nízkých teplot	x_8
	Skladovací stabilita	x_9
	Korozní působení na pohonný systém	x_{10}
	Zanášení palivových filtrů	x_{11}
počet kritérií n	11	

Tabulka 8: Vyhodnocení kritérií pro vlastnosti bionafty

	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	počet preferencí	p_i	k_i	v_i
x_1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	0	11	1	0,02
x_2	X	2	4	2	6	7	8	9	2	11	4	7	5	0,08
x_3		X	4	5	6	7	8	9	10	11	1	10	2	0,03
x_4			X	4	4	4	4	4	4	4	10	1	11	0,17
x_5				X	5	7	8	9	10	11	3	8	4	0,06
x_6					X	6	8	9	6	11	5	6	6	0,09
x_7						X	8	7	7	11	6	5	7	0,11
x_8							X	8	8	8	9	2	10	0,15
x_9								X	9	9	7	3	9	0,14
x_{10}									X	11	3	9	3	0,05
x_{11}										X	7	4	8	0,12
											Suma k_i, v_i		66	1,00

Tabulka 9: Definice vnějších vlivů ovlivňujících bionaftu

	kriterium x_i	
Vnější vlivy výhody	Růst cen ropy	x_1
	Daňové zvýhodnění biosložek	x_2
	Zelená kniha EK podporující biopaliva	x_3
	Zvyšování ochrany ŽP	x_4
	Snížení závislosti na importu ropy	x_5
	Podpora zemědělského sektoru	x_6
Vnější vlivy nevýhody	Ekonomická náročnost výroby	x_7
	Nízký obsah energie/energie nutná k výrobě	x_8
	Závislost koncové ceny na ceně ropy	x_9
	Nedostatečně rozvinutá distribuční síť	x_{10}
	Nutnost vyčištění palivového systému při přechodu	x_{11}
	Neochota výrobců poskytovat záruku na motor	x_{12}
počet kriterií n	12	

Tabulka 10: Vyhodnocení vnějších vlivů ovlivňujících bionaftu

	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	počet preferencí	p_i	k_i	v_i
x_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	12	0,15
x_2	X	2	2	5	2	7	2	2	2	2	2	8	4	9	0,12
x_3		X	4	5	6	7	8	3	3	11	12	2	11	2	0,03
x_4			X	5	4	7	4	4	4	4	4	7	5	8	0,10
x_5				X	5	7	5	5	5	5	5	9	3	10	0,13
x_6					X	7	6	6	10	6	6	5	6	7	0,09
x_7						X	7	7	7	7	7	10	2	11	0,14
x_8							X	9	10	11	12	1	12	1	0,01
x_9								X	9	11	9	3	9	4	0,05
x_{10}									X	10	10	4	7	6	0,08
x_{11}										X	11	4	8	5	0,06
x_{12}											X	2	10	3	0,04
												Suma $k_i \cdot v_i$		78	1,00

Po vyhodnocení kriterií metodou párového porovnání bylo zjištěno, že v případě vlastností bionafty převládají negativní vlastnosti. Celková váha negativních vlastností je rovna $\sum_{i=7}^{11} v_i = 0,56$. Celková váha pozitivních vlastností je rovna $\sum_{i=1}^6 v_i = 0,44$. V případě vnějších vlivů ovlivňujících cenu a vnímání bionafty mají větší váhu vlivy pozitivní. Váha kladných vnějších vlivů je rovna $\sum_{i=1}^6 v_i = 0,62$. Celková váha negativních vnějších vlivů je rovna $\sum_{i=7}^{12} v_i = 0,38$. Z vyhodnocení je možné formulovat tvrzení, že bionafta je i přes vyšší míru negativních vlastností prosazována prostřednictvím vnějších vlivů jako palivo pro vznětové motory.

Analýza výhod a nevýhod vlastností motorové nafty pro spotřebitele je uvedena v následujících tabulkách (Tabulka 11, Tabulka 12). Analýza pozitivních a negativních vnějších vlivů ovlivňujících výrobu motorové nafty je shrnuta v tabulkách (Tabulka 13, Tabulka 14). Kompletní vyhodnocení SWOT analýzy motorové nafty je uvedeno v příloze (Příloha 4).

Tabulka 11: Definice kritérií pro vlastnosti motorové nafty

	Kriterium x_i	
Vlastnosti výhody	Energetický obsah	x_1
	Bod vzplanutí	x_2
	Kinematická viskozita	x_3
	Nízká míra agresivity vůči materiálům	x_4
	Dobrá filtrovatelnost	x_5
Vlastnosti nevýhody	Obtížně odbouratelná v přírodě	x_6
	Vysoký podíl škodlivých emisí	x_7
	Výroba z omezeného zdroje	x_8
počet kritérií n	8	

Tabulka 12: Vyhodnocení kritérií pro vlastnosti motorové nafty

								počet preferencí	p_i	k_i	v_i
	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8				
x_1	1	1	4	5	6	1	8	3	5	4	0,11
x_2	X	2	4	5	6	7	8	1	8	1	0,03
x_3		X	4	3	6	7	8	1	7	2	0,06
x_4			X	4	4	4	8	6	2	7	0,19
x_5				X	5	5	8	4	3	6	0,17
x_6					X	7	8	3	6	3	0,08
x_7						X	8	3	4	5	0,14
x_8							X	7	1	8	0,22
								suma k_i		36	1,00

Tabulka 13: Definice vnějších vlivů ovlivňujících motorovou naftu

	Kriterium x_i	
Vnější vlivy-výhody	Propracovaný systém výroby a distribuce	x_1
	Přizpůsobení vznětových motorů MN	x_2
	Nízká spotřeba energie při výrobě	x_3
Vnější vlivy-nevýhody	Omezené množství ropy	x_4
	Rostoucí cena ropy	x_5
	Velké daňové zatížení	x_6
	Závislost mnoha průmyslových odvětví na ropě	x_7
	Závislost ČR na dodávkách ropy ze zahraničí	x_8
počet kriterií n	8	

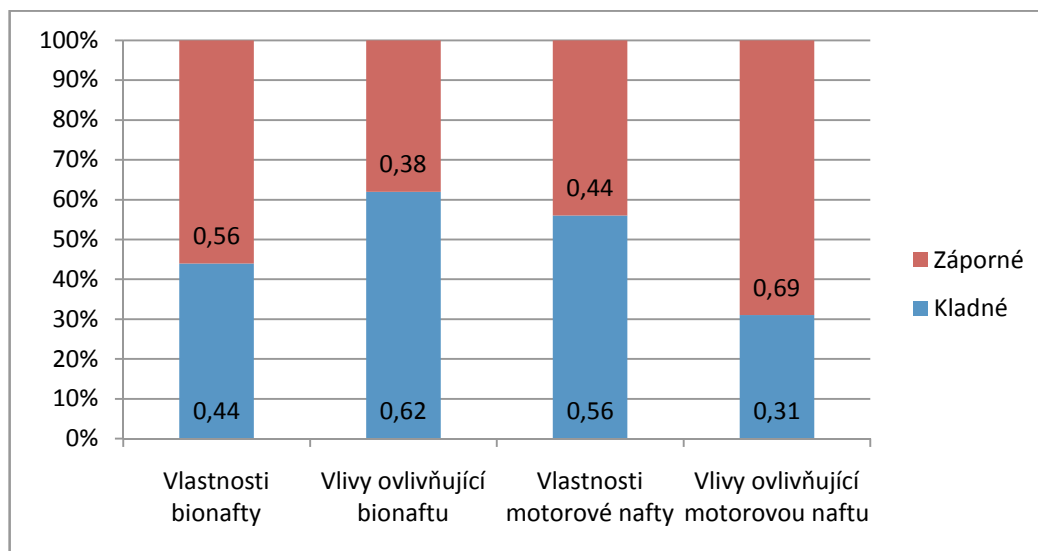
Tabulka 14: Vyhodnocení vnějších vlivů ovlivňujících motorovou naftu

								počet preferencí	p_i	k_i	v_i
	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8				
x_1	1	1	4	5	6	1	1	4	4	5	0,14
x_2	X	2	4	5	6	2	2	3	5	4	0,11
x_3		X	4	5	6	3	8	1	7	2	0,06
x_4			X	4	6	4	4	6	2	7	0,19
x_5				X	6	5	5	5	3	6	0,17
x_6					X	6	6	7	1	8	0,22
x_7						X	8	0	8	1	0,03
x_8							X	2	6	3	0,08
								suma k_i		36	1,00

SWOT analýza motorové nafty byla vyhodnocena pomocí stejných vztahů jako analýza bionafty (3.1, 3.2). Váha kladných kriterií týkajících se vlastností motorové nafty lehce převýšila váhu záporných vlastností. Váha pozitivních vlastností je rovna $\sum_{i=1}^5 v_i = 0,56$. Váha negativních vlastností je rovna $\sum_{i=6}^8 v_i = 0,44$. Analýza vnějších vlivů působících na cenu a vnímání motorové nafty zhodnotila, že větší měrou je motorová nafta ovlivňována negativními vlivy. Váha pozitivních vnějších vlivů je rovna $\sum_{i=1}^3 v_i = 0,31$. Váha negativních vnějších vlivů působících na motorovou naftu je rovna $\sum_{i=3}^8 v_i = 0,69$. Na základě analýzy je možno tvrdit, že pozitivní vlastnosti motorové nafty lehce převýší její negativní vlastnosti. Používání a vnímání motorové nafty je však negativně ovlivněno vnějšími vlivy, které výrazněji převyšují vlivy pozitivní.

Na základě provedených SWOT analýz lze formulovat tvrzení, že bionafta má celkově horší vlastnosti jako palivo pro vznětové motory. Zároveň je prostřednictvím vnějších vlivů jako palivo více prosazována (Obrázek 5).

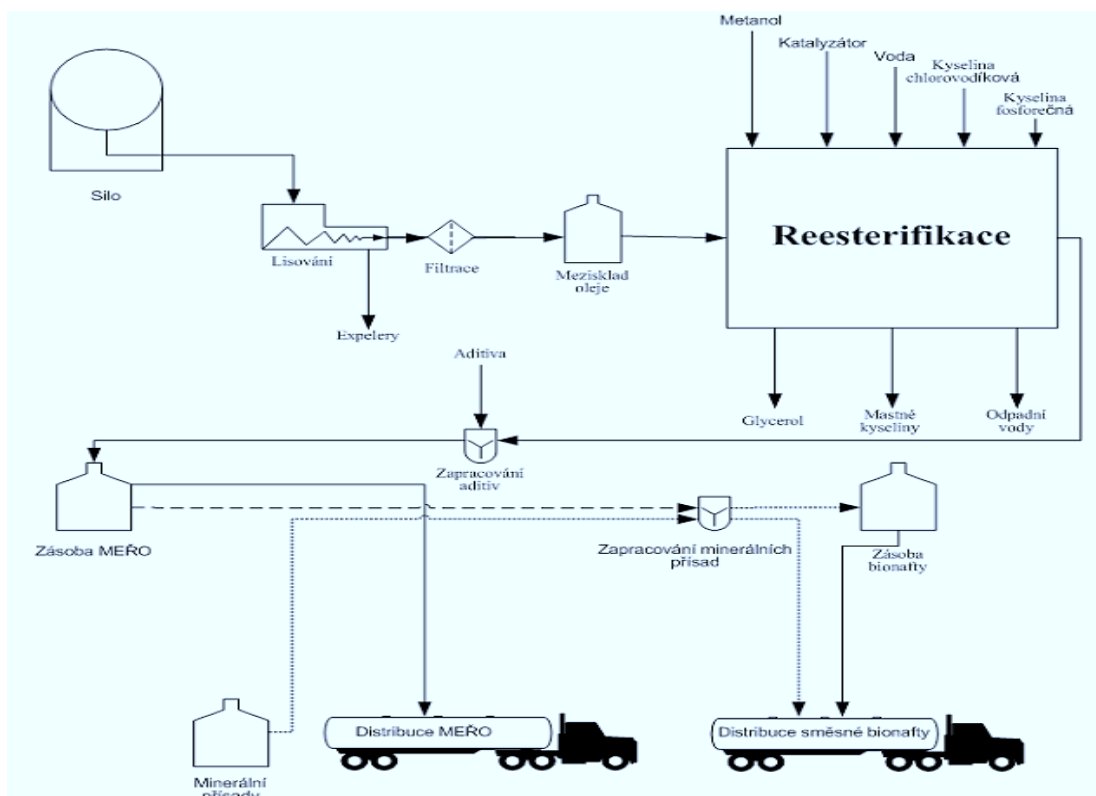
Obrázek 5: Vyhodnocení SWOT analýz motorové nafty a bionafty



4. Technické zázemí pro nakládání s bionaftou

Bionafta je obecně považována za bezpečnější alternativu oproti naftě klasické. Pro její skladování a distribuci je možno využít technické zázemí obdobné jako pro běžnou motorovou naftu. Na základě vlastností bionafty je ale nutno věnovat větší pozornost udržitelnosti distribuční sítě, hlavně v zimních měsících. Obecné schéma výroby bionafty, její úpravy a používané distribuční sítě je znázorněno na obrázku (Obrázek 6).

Obrázek 6: Schéma nakládání s bionaftou [10]



Skladovací prostory musí být čisté, bez přístupu světla a vody. Všechny tři jmenovaní činitelé mohou naftu znehodnotit. Mezi materiály, které svými vlastnostmi vyhovují požadavkům pro skladování bionafty, je možné zařadit ocel, hliník, případně vhodné polymerní materiály (Obrázek 7). Z důvodu větší agresivity bionafty není vhodné v konstrukcích skladovacích nádrží používat pryže (například jako těsnění), olovo, zinek, mosaz, měď či cín.

Obrázek 7: Zásobník pro uchovávání bionafty [17]



Vzhledem k tomu, že bionafta je převážně rostlinného původu, jsou v ní přítomny mikroorganismy, které negativním způsobem ovlivňují vlastnosti uskladněného paliva. Palivo může tedy postupem času překročit maximální, normou povolenou kyselost a poté nesmí být dodáváno spotřebiteli. Doba skladování čisté bionafty by neměla přesáhnout 6 měsíců [2]. Dobu uskladnění lze prodloužit přidáním biocidních a antioxidačních přípravků. Přidání těchto aditiv ovšem zvyšuje konečnou cenu paliva. Důležité je mít na zřeteli i horší vlastnosti bionafty za nízkých teplot, ty mohou ovlivnit její kvalitu, čerpatelnost a chování v palivovém systému. V případě skladování směsného paliva, ve kterém je podíl biosložky větší než 5%, musíme vzít v úvahu různé hustoty obou kapalin. Bionafta má vyšší hustotu, usazuje se ve spodní části skladovací nádoby. Směsné palivo nemá v celém objemu stejný poměr složek a před jeho distribucí musí dojít k promíchání.

Pozornost je třeba věnovat i způsobu distribuce bionafty od výrobce ke spotřebiteli. Ve stávajícím distribučním systému je velice obtížné zamezit nežádoucímu smíchání bionafty a klasické nafty. Bionafta tedy nesmí být přepravována stejným potrubním systémem jako nafta na ropné bázi, důvodem jsou rozdílné vlastnosti obou kapalin. Možným řešením jsou investice do výstavby nového potrubního systému pro přepravu čisté bionafty nebo přeprava bionafty po pozemních silničních komunikacích a po železnici. Obě tyto varianty snižují konkurenceschopnost bionafty její zvyšující se koncovou cenou.

Dalším nedostatkem v distribuční síti je velice nízká hustota čerpacích stanic, které nabízejí bionaftu. Tento problém negativně ovlivňuje akční rádius všech dopravních prostředků, provozovaných na tento typ pohonné hmoty.

V případě nutnosti přepravy bionafty po pozemních silničních komunikacích či po železnici je transport této látky řízen předpisy přepravy nebezpečných nákladů ADR/RID.

- Třída nebezpečnosti: 3 (hořlavé kapaliny)
- Klasifikační kód: F1
- Kemlerův kód: 30 (Udává nebezpečnost látky)
- UN kód: 1202 (identifikace látky - palivo pro vznětové motory)

4.1 Příprava technického zázemí pro spalování bionafty

Při provozu motorového vozidla na bionaftu je třeba počítat s některými problémy, které nebylo potřeba příliš zohledňovat při provozu na motorovou naftu. Výrobci vznětových motorů obvykle uvádí, že provoz na 100% bionaftu musí být deklarován v servisní knížce. Motor pro tento typ paliva musí být speciálně upraven. Používání takového paliva přináší několik podstatných problémů, na které je potřeba reagovat. Jako největší problém při provozu na bionaftu se jeví zvýšená tvorba usazenin v pohonném ústrojí vyplývající z vlastností bionafty.

- Horší viskozitou a obsahem kalů může docházet k ucpávání vstřikovacích trysek, motor pak není schopen dosáhnout potřebných tlaků ve válcích a nedosáhne deklarovaného výkonu.
- Vyšší agresivita vůči některým pryžovým materiálům v palivovém vedení má za následek menší těsnost, čímž hrozí únik pohonné hmoty, případně porucha celého systému.
- Obsah kalů a jiných pevných částí bionafty intenzivně zanáší palivový filtr. Takový filtr je doporučováno měnit v polovičních časových intervalech oproti provozu na motorovou naftu. Zvýšená spotřeba palivových filtrů zvyšuje ekonomickou náročnost celého provozu vozidla na bionaftu.
- Motorový olej při provozu na bionaftu mění své vlastnosti a je tedy nutné interval jeho výměny zkracovat. Je doporučováno měnit olej v polovičních časových intervalech oproti provozu na běžnou naftu.
- Kyselost bionafty, která se s časem zvyšuje, má za následek korozní působení na kovové části v hnacím ústrojí.

K provozu motorových vozidel na bionaftu se vyjádřil i německý výrobce automobilů Volkswagen svým prohlášením na semináři CEC Polska v roce 2002 [1]. Firma zde prezentovala několik problémů, které pozorovala na svých pohonných jednotkách provozovaných na bionaftu.

- Nízká oxidační stabilita způsobuje tvorbu usazenin v motorech a jejich korozi. Příčinou je tvorba agresivních oxidačních produktů (kyselina mravenčí, kyselina octová).
- Vysoký obsah glycerolu a glyceridů má za následek zanášení palivových filtrů a nepříznivé (korozní) působení na neželezné kovy (Cu, Zn).

- K ucpávání filtrů vede také malá stabilita při nízkých teplotách. V bionaftě dochází k vylučování nefiltrovatelných částí.
- Velké množství kovů alkalických zemin (Ca, Mg) a alkalických kovů (Na, K) způsobuje pohlcování a udržování vlhkosti ve vázané formě (hydroskopičnost). To vede k tvorbě kalů a následnému zanášení filtrů.
- Vysoký obsah vody je příznivým prostředím pro množení bakterií. Způsobuje také korozi kovových částí a zanášení filtrů.
- Růst organismů podporuje i složení MEŘO, konkrétně mastné kyseliny a fosfor. S tímto problémem se lze setkat zejména při skladování.
- Bionafta má vysoké číslo kyselosti, které signalizuje přítomnost volných kyselin a tím i jejich korozní působení na okolní materiály.
- Vysoké jodové číslo bionafty souvisí s tvorbou uhlíku a tedy vznikem kalů, které mají za následek ucpávání vstřikovacích trysek.
- Vyšší obsah fosforu v bionaftě zkracuje životnost a snižuje účinnost oxidačních katalyzátorů.
- U bionafty lze pozorovat zvýšenou pěnivost než u nafty klasické. Tento jev se negativně podepisuje zejména poklesem výkonu spalovacího motoru.

5. Porovnání spotřeby vozidel jezdících na motorovou naftu a na bionaftu

Pro potřeby porovnání spotřeby bionafty a motorové nafty byly použity hodnoty naměřené a zaznamenané ve spolupráci s firmou ArcelorMittal Ostrava, a. s.. Tato společnost zkušebně provozovala dva typy hnacích kolejových vozidel za účelem zjištění ekonomické výhodnosti jejich provozu na bionaftu.

5.1 Porovnání vlastností motorové nafty a bionafty

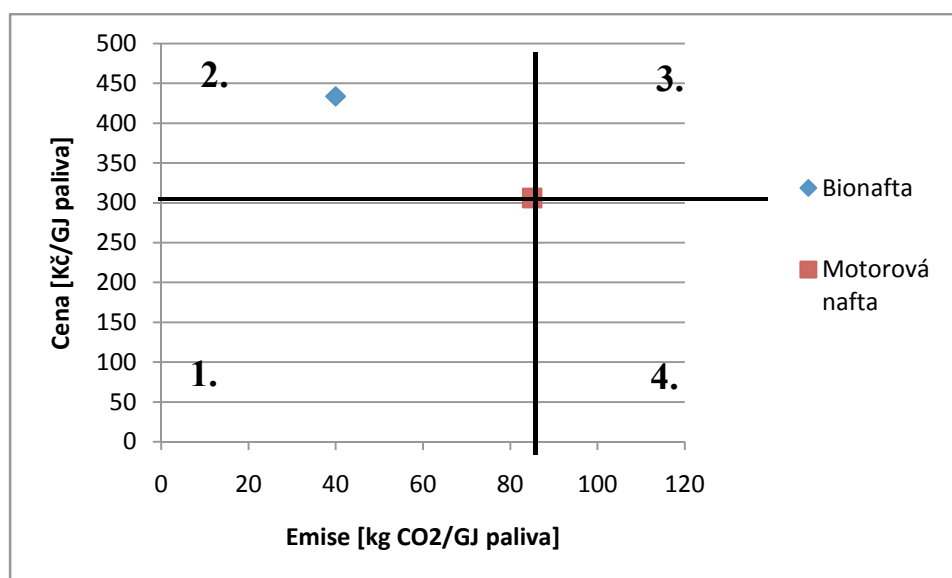
Při porovnávání vlastností motorové nafty a bionafty je nutné se zaměřit především na vlastnosti, ve kterých se obě pohonné hmoty liší. Při zkoumání ekologických dopadů je potřeba zohlednit nejen konečnou hodnotu vypouštěných emisí při spalování v motoru, ale také je nutné vzít do úvahy celý proces produkce vstupních surovin, energetickou náročnost výroby daného paliva a jeho distribuci ke spotřebitelům. Při produkci surovin pro výrobu bionafty je životní prostředí negativně ovlivňováno provozem zemědělské techniky

a používanými hnojivy. Při samotné výrobě a distribuci je rovněž spotřebovávána energie, ať už elektrická, nebo pro pohon dopravních prostředků při transportu. Tato energie zpravidla nepochází z obnovitelných zdrojů, což ve výsledku zmenšuje ekologický pozitivní rozdíl používání bionafty ve spalovacích motorech.

V souvislosti s vypouštěním emisí při pohonu dopravních prostředků je také velmi aktuální otázka, zdali má na množství emisí vliv kvalita paliva. Automobilový průmysl přisuzuje kvalitě paliva obecně velký význam vzhledem ke konečným emisím. Závěry týkající se této problematiky přinesla studie EPEFE (European Programme of Emmissions, Fuels and Engine Technology) týkající se vztahu mezi složením paliva a emisemi vzniklými při spalování. Tyto závěry lze interpretovat takto [1]:

- Podstatnější vliv na množství vypouštěných emisí má technický stav a úroveň vozidla než kvalita paliva.
- Změna složení paliva vždy nemusí přinést zlepšení množství emisí.
- Změna složení paliva přináší jen malý efekt v případě, že nedojde ke změnám v technických parametrech vozidla na toto palivo provozovaného.
- Změna složení paliva ovlivňuje především kvalitu emisí.

Obrázek 8: Porovnání emisí a výrobních nákladů bionafty a motorové nafty [1].

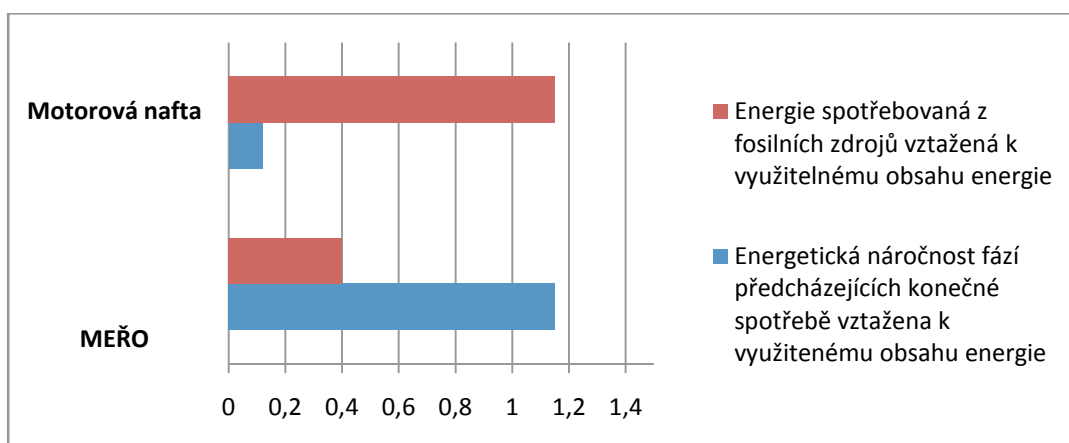


Porovnání množství produkovaných emisí a nákladů na výrobu bionafty a motorové nafty (Obrázek 8) vychází z ceny ropy 60 USD/bbl (přibližně 1192 Kč). Je patrné, že zvyšující se cena ropy související s těžbou v hůře přístupných nebo nebezpečných

oblastech, bude mít za následek nárůst prvního kvadrantu. Tento fakt bude do značné míry zvyšovat konkurenceschopnost bionafty. Bionafta tedy bude mít schopnost konkurovat motorové naftě nejen z ekologického hlediska, ale i ekonomicky bez výrazného zvýhodňování ze stran států.

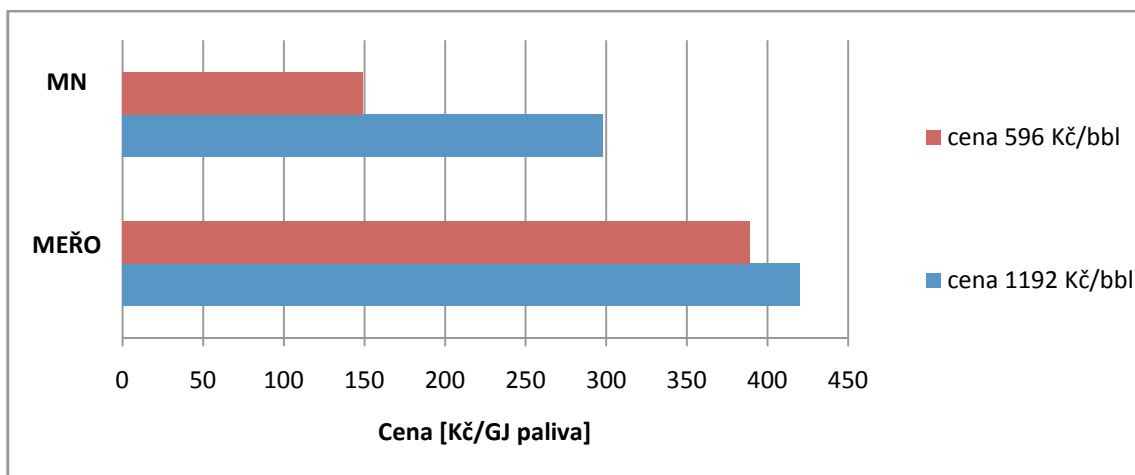
Vypouštění emisí při užívání jakéhokoli paliva není omezeno pouze na samotné shoření směsi ve válci motoru, ale také na úkonech, které konečné spotřebě předchází. Při objektivním hodnocení ekologické výhodnosti daného paliva je proto nutné si uvědomit náročnost všech fází. Lze zjistit, že u všech alternativních paliv, s výjimkou zemního plynu a LPG, jsou fáze předcházející konečné spotřebě paliva energeticky velmi náročné [1]. Porovnání těchto souvislostí je patrné z grafického zpracování (Obrázek 9).

Obrázek 9: Energetická náročnost výroby vzhledem k využitelnému obsahu energie [1]



K výrobě alternativních paliv je v současné době stále ještě potřebná energie získávaná z fosilních zdrojů. Konečnou cenu alternativního paliva tedy ovlivňují i výkyvy cen fosilních paliv, především ropy. Grafické zpracování (Obrázek 10) znázorňuje, jak ovlivní změna ceny ropy nákladnost výroby a distribuce, která je promítnuta do konečné ceny bionafty.

Obrázek 10: Vliv změny cen ropy na výslednou cenu motorové nafty a bionafty [1].



Z grafu (Obrázek 10) je patrné, že při změně ceny ropy je ovlivněna negativním způsobem (zvýšením ceny) také bionafta. Tento jev způsobuje především spotřeba motorové nafty v dopravních prostředcích používaných ve fázích výroby a distribuce. Jako příklad může sloužit provoz zemědělských strojů nebo transport hotového produktu ke spotřebiteli.

5.2 Srovnávaná kolejová hnací vozidla

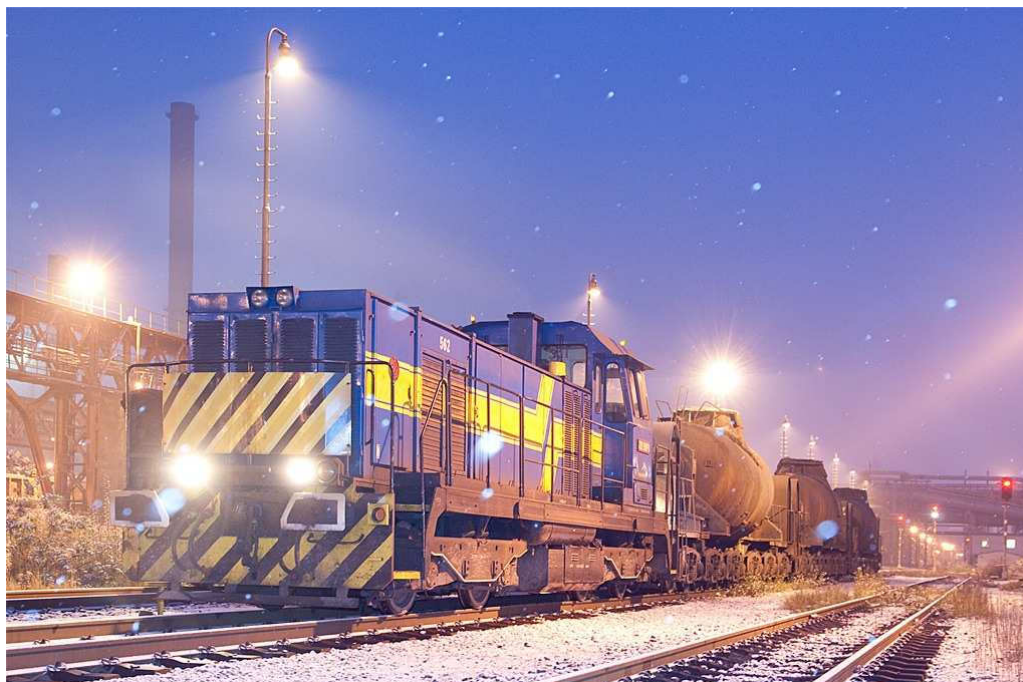
Spotřeby paliva a jejich porovnání byly sledovány u dvou typů hnacích kolejových vozidel. Byly to stroje řady 740 a 729. Na bionaftu byl provozován vždy jeden stroj každé řady.

5.2.1 Vozidla řady 729

Lokomotivy řady 729 (Obrázek 11) vznikaly koncem sedmdesátých a v osmdesátých letech z důvodu velkého nedostatku lokomotiv v průmyslových podnicích. Především těžké hutní provozy trpěly tímto problémem nejvíce, pro posun se zde nouzově používaly nevhodné typy lokomotiv. Jako reakce na tyto problémy byly specifikovány parametry pro sestavení nových motorových lokomotiv pro hutní vlečky Ing. Miloslavem Motákem a Doc. Ing. Jaroslavem Múlerem, CSc. Práce na prvních dvou prototypy byly zahájeny v roce 1981 a byly dokončeny v roce 1983. Od sériové výroby mnoha kusů bylo upuštěno po roce 1989, důvodem utlumující se výroby byla malá poptávka podniků počátkem devadesátých let. Poslední vůz byl vyroben v roce 1992. Celkem se vyrobilo místo původně plánovaných 112 nových lokomotiv pouze 32 kusů, z nichž bylo 19 vyrobeno sériově. Krom jednoho stroje, který byl exportován do Polska, jsou všechny ostatní

v provozu na území České a Slovenské republiky [8]. Technické údaje pro tato vozidla jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 15).

Obrázek 11: Lokomotiva 729.506-6 společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. [17]



Tabulka 15: Technické údaje pro kolejová vozidla řady 729

Základní technické údaje	
Modelové označení	T 419
Řada	729
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'
Jmenovitý výkon motoru [kW]	600
Jmenovité otáčky motoru [min ⁻¹]	1150
Maximální rychlost [km/h]	40
Maximální tažná síla [kN]	252
Hmotnost [t]	84
Nápravové zatížení [kN]	206
Objem palivové nádrže [l]	3800
Rozchod [mm]	1435
Minimální poloměr oblouku[m]	70

5.2.2 Vozidla řada 740

Lokomotivy řady 740 (Obrázek 12) patří mezi nejpočetnější stroje, které jsou používány pro posun. Byly konstruovány na základě prototypů sestrojených v roce 1970. Výhodou lokomotiv pro uplatnění v průmyslu byla vyšší hmotnost, tedy lepší adhezní vlastnosti a vyšší dosažitelné tažné a brzdné síly. Strojů s těmito vlastnostmi bylo v sedmdesátých a osmdesátých letech nedostatek. Jediným výrobcem produkujícím tato hnací vozidla byla pražská lokomotivka ČKD. Lokomotivy nacházely uplatnění především v průmyslových podnicích. Výroba probíhala v několika sériích, počáteční série vyrobená v letech 1973 a 1974 čítala 24 vozů. Stroje se v provozu osvědčily a následovaly série početnější. Část lokomotiv byla exportována do zahraničí, především do Polska a Sovětského svazu. Celkem bylo vyrobeno třináct sérií s celkovým počtem 620 lokomotiv [9]. Velká většina zůstala v provozu na území bývalého Československa. Technické údaje pro tato vozidla jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 16).

Obrázek 12: Lokomotiva 740.527-7 společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. [17]



Tabulka 16: Technické údaje pro kolejová hnací vozidla řady 740

Základní technické údaje	
Modelové označení	T 448
Řada	740
Výrobce	ČKD
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'
Jmenovitý výkon motoru [kW]	883
Jmenovité otáčky motoru [min⁻¹]	1250
Maximální rychlost [km/h]	70
Maximální tažná síla [kN]	216
Hmotnost [t]	72
Nápravové zatížení [kN]	177
Objem palivové nádrže [l]	4000
Rozchod [mm]	1435
Minimální poloměr oblouku[m]	80

5.3. Měření a porovnání spotřeby hnacích kolejových vozidel

Praktické porovnání bylo provedeno na základě dlouhodobého sledování spotřeby motorové nafty v celém vozovém parku v období od ledna 2010 do dubna 2011 a zkušebního provozu lokomotiv na bionaftu v období od 7. 1. 2011 do 1. 4. 2011.

5.3.1. Měření spotřeby kolejových vozidel provozovaných na motorovou naftu

Během sledovaného období byla zaznamenávána měsíční spotřeba všech vozidel ve vozovém parku dané řady (Tabulka 17). Z naměřených hodnot pak byla spočítána průměrná měsíční spotřeba motorové nafty pro jednotlivé typy hnacích kolejových vozidel (Tabulka 18).

Tabulka 17: Spotřeba motorové nafty všech vozidel ve vozovém parku

Spotřeba nafty [l]							
leden		květen		září		leden	
740	98714	740	69938	740	74837	740	82968
729	51799	729	58261	729	58341	729	58746
únor		červen		říjen		únor	
740	88050	740	68475	740	63422	740	85693
729	58111	729	57413	729	65093	729	56483
březen		červenec		listopad		březen	
740	92224	740	67649	740	75048	740	95852
729	62057	729	49001	729	57441	729	57786
duben		srpen		prosinec		CELKEM za r. 2011	
740	74748	740	69224	740	92424	740	264513
729	59027	729	64756	729	64686	729	173015
				CELKEM za r. 2010		CELKEM	437528
				740	934753		
				729	705986		
				CELKEM	1640739		

Tabulka 18: Měsíční spotřeby motorové nafty jednotlivých typů lokomotiv

Časové období	[l]
Měsíční spotřeba lokomotivy řady 740 za r. 2010	5564
Měsíční spotřeba lokomotivy řady 729 za r. 2010	6537
Měsíční spotřeba lokomotivy řady 740 za r. 2011	6782
Měsíční spotřeba lokomotivy řady 729 za r. 2011	7209
Průměrná měsíční spotřeba lokomotivy řady 740 za sledované období leden 2010 – duben 2011	6173
Průměrná měsíční spotřeba lokomotivy řady 729 za sledované období leden 2010 – duben 2011	6873

Z průměrné měsíční spotřeby lze zjistit, že lokomotivy řady 729 vykazují vyšší měsíční spotřebu. Ta je dána jejími parametry a vlastnostmi. Lokomotivy řady 729 jsou těžší a mají vyšší maximální tažnou sílu, používají se tedy častěji pro náročnější posuny.

Vzdálenosti, ujeté jednotlivými vozy, byly použity jako průměrné vzdálenosti ujeté za kalendářní měsíc a jsou zobrazeny v tabulce (Tabulka 19).

Tabulka 19: Průměrné vzdálenosti ujeté jednotlivými typy vozů za měsíc

sledované období <leden 2010 - březen 2011>			
Řada 740	provozní hodiny	ø ujetá vzdálenost [km]	ø ujetá vzdálenost [km]
ø za r. 2010	419,0	2208,0	2580
ø za r. 2011	524,3	2952,0	
Řada 729	provozní hodiny	ø ujetá vzdálenost [km]	ø ujetá vzdálenost [km]
ø za r. 2010	681,7	2002,7	2070,7
ø za r. 2011	659,7	2138,7	

Z tabulek zaznamenaných hodnot spotřeby motorové nafty a ujeté kilometrické vzdálenosti lze vypočítat průměrnou kilometrickou spotřebu motorové nafty lokomotiv každé řady (Tabulka 20). Tato spotřeba byla vypočítána podle vztahu (5.2):

$$S_{PHM} = \frac{V}{l} \quad (5.2)$$

Kde je:

S_{PHM} spotřeba pohonných hmot hnacího kolejového vozidla $[\frac{l}{km}]$

V průměrné měsíční množství spotřebované pohonné hmoty [l]

l průměrná měsíční ujetá vzdálenost [km]

Tabulka 20: Průměrná spotřeba motorové nafty pro jednotlivé typy vozů

Průměrná spotřeba motorové nafty lokomotivou řady 740	2,63 l/km
Průměrná spotřeba motorové nafty lokomotivou řady 729	3,48 l/km

5.3.2. Měření spotřeby kolejových vozidel provozovaných na bionaftu

Spotřeba lokomotiv zkušebně provozovaných na bionaftu byla zaznamenávána při doplňování pohonných hmot. Zároveň byla zaznamenávána ujetá vzdálenost opisováním stavu tachometru a množství doplňovaného motorového oleje (Tabulka 21, Tabulka 22).

Tabulka 21: Spotřeby bionafty lokomotivy typu 740

740.527 Provoz na bionaftu				
DATUM	NAFTA [l]	OLEJ [l]	TACHO [km]	vzdálenost [km]
7.1.	3700	30	174012	0
		400	porucha, výměna olejů a filtrů	
20.1.	1200	0	174057	44
26.1.	1900	30	174787	730
2.2.	2647	25	175612	825
11.2.	401	45	176106	494
14.2.	756	0	176166	60
21.2.	2730	0	177060	894
2.3.	3000	16	178167	1107
8.3.	1292	25	178855	688
15.3.	2360	70	179566	711
21.3.	1400	0	180076	510
1.4.	3460-NM	30	181449	1373
Celkem	21386	671	7437	7437

Z tabulky (Tabulka 21) bylo vyhodnoceno, že zkušební lokomotiva řady 740 spotřebovala za dobu testu 21386 l bionafty, 671 l motorového oleje a ujela celkovou vzdálenost 7437 km.

Tabulka 22: Spotřeba bionafty lokomotivy typu 729

729.506 Provoz na bionaftu				
DATUM	NAFTA [l]	OLEJ [l]	TACHO [km]	vzdálenost [km]
11.1.	3323	0	36374	0
17.1.	1564	30	36822	448
25.1.	2000	25	37377	555
31.1.	1190	0	37789	413
7.2.	2500	0	38379	590
15.2.	1551	0	38817	438
22.2.	1917	0	39204	387
1.3.	2000	0	39735	531
7.3.	1685	0	40174	439
14.3.	1986	25	40674	500
21.3.	1501	30	41196	522
28.3.	2386-NM	0	41985	789
Celkem	23603	110	5611	5611

Z tabulky (Tabulka 22) bylo vyhodnoceno, že lokomotiva řady 729 během období zkušebního provozu spotřebovala 21217 l bionafty a 110 l motorového oleje, při celkové ujeté vzdálenosti 5611 km.

Lokomotivy ujely za období testu 13048 km, což podle vztahu 5.1 znamená, že průměrná měsíční ujetá vzdálenost činí 2175 km.

Kilometrická spotřeba vozidel provozovaných na bionaftu byla vypočtena dle vztahu (5.2). Výsledky jsou zobrazeny v tabulce (Tabulka 23).

Tabulka 23: Průměrná spotřeba bionafty pro jednotlivé typy lokomotiv

Průměrná spotřeba bionafty lokomotivou řady 740	2,88 l/km
Průměrná spotřeba bionafty lokomotivou řady 729	3,78 l/km

6. Ekonomické vyhodnocení

Ekonomické vyhodnocení bylo prováděno na základě průměrné ceny porovnávaných pohonných hmot na území České republiky zjištěné za sledované období leden 2010 až březen 2011. Naměřené a vypočtené hodnoty spotřeby jednotlivých lokomotiv potvrdily teoretický předpoklad, že při provozu na bionaftu je spotřeba motorů vyšší. Je to dáno jejím nižším energetickým obsahem. Vyšší spotřeba vozidel ovlivňuje závěrečné ekonomické hodnocení a snižuje množství uspořených prostředků daných nižší pořizovací cenou bionafty.

Ceny porovnávaných pohonných hmot byly monitorovány a pro výpočet byly použity průměrné hodnoty cen za celé sledované období (Tabulka 24) [14] a [15].

Tabulka 24: Průměrné ceny pohonných hmot během období testu [14]

ø cena motorové nafty za období testu leden 2010 – březen 2011	32,2 Kč/l
ø cena bionafty za období testu leden 2011 – březen 2011	29,3 Kč/l

Pro výpočet nákladů na provoz vozového parku (Tabulka 26) byla použita průměrná měsíční vzdálenost ujetá jedním vozem. Nejprve byly hodnoceny náklady na měsíční provoz jednoho vozidla řady 740 a 729 podle vztahu (6.1) [16] (Tabulka 25). Následně byly náklady aplikovány na měsíční provoz celého vozového parku.

$$N_c = \bar{l}_z \cdot N_{PHM} \cdot S_{PHM} \quad (6.1)$$

Kde je:

N_c	... celkové náklady na pohonné hmoty [Kč]
\bar{l}_z	... průměrná měsíční ujetá vzdálenost [km]
N_{PHM}	... náklady na jeden litr pohonných hmot [Kč]
S_{PHM}	... spotřeba pohonných hmot hnacího kolejového vozidla $[\frac{l}{km}]$

Průměrná vzdálenost ujetá jedním vozidlem za měsíc byla zjištěna pomocí vztahu (5.1) z dostupných naměřených hodnot lokomotiv provozovaných na motorovou naftu a bionaftu a činí 2 275 km. Množství možných měsíčních úspor pro vozový park je uvedeno v tabulkách (Tabulka 25, Tabulka 26) a porovnáno v následujícím grafu (Obrázek 13).

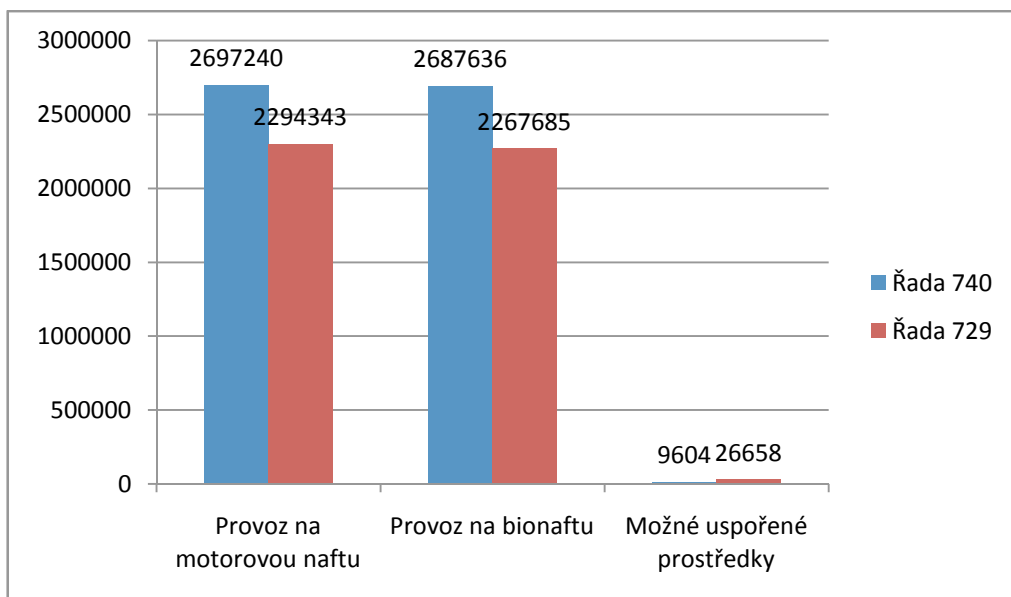
Tabulka 25: Měsíční náklady na provoz 1 lokomotivy

	Řada 740	Řada 729
Náklady na měsíční provoz 1 lokomotivy na motorovou naftu [Kč]	192660	254927
Náklady na měsíční provoz 1 lokomotivy na bionaftu [Kč]	191974	251965
Možné uspořené měsíční prostředky [Kč]	632	2962

Tabulka 26: Měsíční náklady na provoz vozového parku

	Řada 740	Řada 729
Náklady na měsíční provoz vozového parku na motorovou naftu [Kč]	2697240	2294343
Náklady na měsíční provoz vozového parku na bionaftu [Kč]	2687636	2267685
Možné uspořené měsíční prostředky lokomotivami jednotlivých řad [Kč]	9604	26658
Možné uspořené měsíční prostředky celkem [Kč]	36262	

Obrázek 13: Měsíční náklady na provoz vozového parku



Z tabulky (Tabulka 26) vyplývá, že při provozu vozového parku na bionaftu je možné ušetřit jisté množství finančních prostředků. Pro objektivní posouzení ekonomické výhodnosti přechodu na spalování bionafty je nutné uspořené prostředky snížit o náklady na vybudování technického zázemí pro zásobování, zkrácení intervalu výměny palivových filtrů a náklady na častější kontroly palivových systémů vozidel.

Náklady na vybudování technického zázemí se týkají především zakoupení, případně pronájmu nádrže na bionaftu a výdejního zařízení. Palivový systém je potřeba častěji kontrolovat z důvodu možného ucpávání palivových trysek a netěsnosti míst s pryžovým těsněním.

Stav palivových filtrů v testovaných lokomotivách po období testu provozu na bionaftu, tj. 3 měsíce, odpovídal stavu palivových filtrů lokomotiv provozovaných na motorovou naftu po pěti až šesti měsících provozu. Tím se potvrdil teoretický předpoklad, že interval výměny palivových filtrů je doporučeno zkrátit na polovinu intervalu pro výměnu při provozu na motorovou naftu.

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo přinést objektivní a ucelený pohled na bionaftu jako na možnou alternativu fosilních paliv v dopravní organizaci.

V úvodní části je soustředěno obecné seznámení s vlastnostmi a výrobou bionafty. Porovnání obou alternativ pohonných hmot bylo provedeno teoreticky pomocí SWOT analýzy vyhodnocením vydefinovaných kritérií. Po vyhodnocení SWOT analýzy bionafty bylo možné formulovat tvrzení, že bionafta je i přes vyšší míru negativních vlastností prosazována prostřednictvím vnějších vlivů jako palivo pro vznětové motory. Na základě analýzy motorové nafty je možno tvrdit, že pozitivní vlastnosti motorové nafty lehce převýší její negativní vlastnosti. Její používání a vnímání jako paliva je však negativně ovlivněno vnějšími vlivy, např. daňovým zatížením, nebo výrobou z omezeného zdroje.

Praktické vyhodnocení a srovnání konkrétních údajů bylo provedeno na základě dat naměřených v dopravní organizaci, která běžně používá jako palivo hnacích kolejových vozidel motorovou naftu a provedla zkušební testovací provoz dvou z těchto vozů na bionaftu. Z naměřených dat bylo zjištěno, že lokomotivy, zkušebně provozované na bionaftu, měly vyšší spotřebu než lokomotivy běžně provozované na motorovou naftu. Tato skutečnost potvrdila teoretický předpoklad, že díky menšímu energetickému obsahu bionafty, mají vozidla provozovaná na toto palivo vyšší spotřebu než vozidla provozovaná na motorovou naftu.

Z ekonomického hlediska přináší provoz na bionaftu reálnou úsporu finančních prostředků. Tato úspora je ovšem podmíněna snížením intervalu výměny palivových filtrů, častějšími kontrolami těsnosti palivových systémů a zvýšením rizika tvorby usazenin především v zimních měsících.

Bionafta je, na základě zjištěných skutečností, možnou a rovnocennou alternativou fosilního paliva. Provoz spalovacích motorů na bionaftu z ekonomického hlediska nepřinese výrazné úspory, drobné snížení okamžitých provozních nákladů je spojeno s vyšší mírou rizika nesprávné funkce nebo poruchy palivového a pohonného ústrojí.

Seznam použité literatury

- [1] Šebor, G., Pospíšil, M., Žárovec, J.: Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv, Ústav technologie ropy a petrochemie, VŠCHT Praha, 2006
- [2] Studie proveditelnosti „Podpora veřejné hromadné dopravy ve Středočeském kraji s cílem její postupné ekologizace přechodem na alternativní druh paliva resp. pohonu“; CDV Brno, 2006 – dostupné na [www](http://www.cdv.cz)
- [3] ČAPPO - Zhodnocení používání biopaliv v dopravě v České republice k 31. 5. 2011
- [4] <http://slovník.ekopolitika.cz/z.shtml#zelena-kniha-eu>
- [5] Nařízení komise (EU) č. 575/2011 ze dne 16. Června 2011 o Katalogu pro krmné suroviny.
- [6] http://kfch.upce.cz/htmls/vedecka_cinnost_bionafta.htm
- [7] [http://www.ukzuz.cz/Articles/Articles/112642-2-Archiv+\(SDOPO\).aspx](http://www.ukzuz.cz/Articles/Articles/112642-2-Archiv+(SDOPO).aspx)
- [8] <http://www.prototypy.cz/?rada=729>
- [9] <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/002581-Lokomotivy-rady-740-T-4480/>
- [10] Ondřej Cudlín, Iva Kašparová, Petr Tejml: Bionafta, Ekoenergetika – dostupné na [www](http://www.ekoenergetika.cz).
- [11] ČSN 656508:2009
- [12] SUROVEC, P.: Provoz a ekonomika silniční dopravy I. Ediční středisko VŠB – TU Ostrava, 1.vydání, Ostrava, 2000. ISBN 80-7078-735-X
- [13] <http://cs.wikipedia.org/wiki/SWOT>
- [14] http://www.ccs.cz/c_cz/675_773/aktuality_cz_prumerne_ceny_phm/
- [15] <http://www.superbenzin.cz/>
- [16] SUROVEC, P.: Provoz a ekonomika silniční dopravy II. Ediční středisko VŠB – TU Ostrava, 1.vydání, Ostrava, 2004. ISBN 80-248-07310-6
- [17] Firemní podklady ArcelorMittal a. s.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Vstupní suroviny pro výrobu bionafty	16
Obrázek 2: Schéma postupu při výrobě bionafty.....	17
Obrázek 3: Řepka olejka	18
Obrázek 4: Graf závislosti vypuštěných škodlivin vzhledem k přidané bionaftě [2].....	21
Obrázek 5: Vyhodnocení SWOT analýz motorové nafty a bionafty.....	30
Obrázek 6: Schéma nakládání s bionaftou [10]	31
Obrázek 7: Zásobník pro uchovávání bionafty [17]	31
Obrázek 8: Porovnání emisí a výrobních nákladů bionafty a motorové nafty [1].....	35
Obrázek 9: Energetická náročnost výroby vzhledem k využitelnému obsahu energie [1]..	36
Obrázek 10: Vliv změny cen ropy na výslednou cenu motorové nafty a bionafty [1].....	37
Obrázek 11: Lokomotiva 729.506-6 společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. [17]	38
Obrázek 12: Lokomotiva 740.527-7 společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. [17]	39
Obrázek 13: Měsíční náklady na provoz vozového parku.....	46

Seznam tabulek

Tabulka 1: Předpokládaný podíl alternativních paliv na trhu do r. 2020 [2].....	13
Tabulka 2: Data o pěstování řepky olejky na území ČR v období 2005 – 2011	19
Tabulka 3: Přehled některých vlastností bionafty (MEŘO) a motorové nafty [1]	20
Tabulka 4: Procentuální změna emisí při spalování bionafty oproti naftě motorové [2]	21
Tabulka 5: Analýza kladných a záporných vlastností bionafty	22
Tabulka 6: Analýza kladných a záporných vlastností motorové nafty	24
Tabulka 7: Definice kritérií pro vlastnosti bionafty.....	26
Tabulka 8: Vyhodnocení kritérií pro vlastnosti bionafty.....	26
Tabulka 9: Definice vnějších vlivů ovlivňujících bionaftu	27
Tabulka 10: Vyhodnocení vnějších vlivů ovlivňujících bionaftu.....	27
Tabulka 11: Definice kritérií pro vlastnosti motorové nafty	28
Tabulka 12: Vyhodnocení kritérií pro vlastnosti motorové nafty.....	28
Tabulka 13: Definice vnějších vlivů ovlivňujících motorovou naftu	29
Tabulka 14: Vyhodnocení vnějších vlivů ovlivňujících motorovou naftu	29
Tabulka 15: Technické údaje pro kolejová vozidla řady 729	38

Tabulka 16: Technické údaje pro kolejová hnací vozidla řady 740	40
Tabulka 17: Spotřeba motorové nafty všech vozidel ve vozovém parku	41
Tabulka 18: Měsíční spotřeby motorové nafty jednotlivých typů lokomotiv	41
Tabulka 19: Průměrné vzdálenosti ujeté jednotlivými typy vozů za měsíc	42
Tabulka 20: Průměrná spotřeba motorové nafty pro jednotlivé typy vozů	42
Tabulka 21: Spotřeby bionafty lokomotivy typu 740	43
Tabulka 22: Spotřeba bionafty lokomotivy typu 729	43
Tabulka 23: Průměrná spotřeba bionafty pro jednotlivé typy lokomotiv	44
Tabulka 24: Průměrné ceny pohonných hmot během období testu [14]	44
Tabulka 25: Měsíční náklady na provoz 1 lokomotivy	45
Tabulka 26: Měsíční náklady na provoz vozového parku	45

Seznam příloh

- Příloha 1: Jakostní požadavky pro bionaftu stanovené ČSN EN 14214 (2004)
- Příloha 2: Jakostní požadavky pro motorové nafty stanovené ČSN EN 590 (2004)
- Příloha 3: Jakostní požadavky pro směsné palivo stanovené ČSN 65 6508 (2003)
- Příloha 4: SWOT analýza využití motorové nafty
- Příloha 5: SWOT analýza využití bionafty

Přílohy

Příloha 1: Jakostní požadavky pro bionaftu stanovené ČSN EN 14214 (2004)

[Zdroj: 1]

Ukazatel jakosti	Jednotka	Zkušební metoda	Hodnota specifikace	
			min.	max.
Bod vzplanutí	°C	ČSN EN ISO 2719	120	
Karbonizační zbytek 10 % dest.zbytku	% m/m	ČSN EN ISO 10370		0,30
Popel sulfátový	% m/m	ISO 3987		0,02
Cetanové číslo	--	ČSN EN ISO 5165 (ASTM D 613)	51	
Celkový obsah nečistot	mg/kg	ČSN EN 12662		24
Korozivní působení na Cu 3hod/50 °C	Stupeň	ČSN EN ISO 2160	třída 1	
Obsah síry	mg/kg	ČSN EN 20846		10
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	ČSN EN ISO 3104	3,5	5,0
Číslo kyselosti	mg KOH/g	ČSN EN 14104		0,50
Jodové číslo	g I/100g	ČSN EN 14111		120
CFPP – třída B – třída D – třída F	°C	ČSN EN 116		0 -10 -20
Obsah vody	mg/kg	ČSN EN ISO 12937		500
Hustota 15 °C	kg/m ³	ČSN EN ISO 3675 SOP 27	860	900
Alkalické kovy(K + Na)	mg/kg	ČSN EN 14108 ČSN EN 14109		5
Kovy alkalických zemin (Ca + Mg)	mg/kg	pr EN 14538 modif.		5
Obsah esterů mastných kyselin Obsah esteru kyseliny linolenové	% m/m	ČSN EN 14103	96,5	12,0
Volný glycerol	% m/m	ČSN EN 14105 ČSN EN 14106		0,02
Oxidační stálost	hod	ČSN EN 14 112	6	
Celkový glycerol	% m/m	ČSN EN 14105		0,25
Obsah glyceridů – mono- – di- – tri-	% m/m	CSN EN 14105		0,80 0,20 0,20

Příloha 2: Jakostní požadavky pro motorové nafty stanovené ČSN EN 590 (2004)

[Zdroj: 1]

Ukazatel jakosti	Jednotka	Zkušební metoda	Hodnota specifikace	
			min.	max.
Bod vzplanutí	°C	ČSN EN ISO 2719	>55	
Karbonizační zbytek 10 % destilačního zbytku	% m/m	(ČSN EN ISO 10370)		0,30
Polycyklické aromatické uhlovodíky	% m/m	ČSN EN 12916		11
Popel	% m/m	ČSN EN ISO 6245		0,01
Obsah vody	mg/kg	ČSN EN ISO 12937		200
Celkový obsah nečistot	mg/kg	ČSN EN 12662		24
Korozivní působení na měď 3hod/50 °C	st. korozí	ČSN EN ISO 2160	třída 1	
Obsah síry – nízkosírná paliva – bezsírná paliva	mg/kg	ČSN EN 20846		50 10
Hustota 15°C	kg/m ³	ČSN EN ISO 3675	820	845
Destilační zkouška – při 250 °C předdestiluje – při 350 °C předdestiluje – 95 % w/v předdestiluje při teplotě	% v/v % v/v °C	ČSN ISO 3405	– 85 –	<65 – 360
Viskozita při 40°C	mm ² /s	ČSN EN ISO 3104	2,00	4,50
Cetanové číslo		ČSN EN ISO 5165	51	
Oxidační stabilita	g/m ³	ČSN EN ISO 12205		25
Mazivost, korigovaný průměr oděrové plochy (wsd 1,4) při 60 °C	µm	ČSN ISO 12156-1		460
Cetanový index	–	ČSN EN ISO 4264	46	
Oxidační stálost	mg/kg	ČSN EN 12205		25
Obsah FAME	%v/v	ČSN EN 14078		5,0
Filtrovatelnost (CFPP) – třída B – třída D – třída F	°C	ČSN EN 116		0 -10 -20
Bod zákalu (Cloud point) třída F	°C	ČSN EN 23015	–	-8

Příloha 3: Jakostní požadavky pro směsné palivo stanovené ČSN 65 6508 (2003) [Zdroj: 1]

Ukazatel jakosti	Jednotka	Zkušební metoda	Hodnota specifikace	
			min.	max.
Hustota při 15 °C	kg/m ³	ČSN EN ISO 3675	820	880
Kinematická viskozita při 40 °C	mm ² /s	ČSN EN ISO 3104	2,00	4,50
Cetanový Index		ČSN 65 6187	46	
Filtrovatelnost (CFPP) – třída B – třída D – třída F	°C	ČSN 65 6166		0 -10 -20
Destilační zkouška – při 230 °C předestiluje – při 350 °C předestiluje – při 370 °C předestiluje	% v/v	ČSN 65 6124	85 95	85
Bod vzplanutí (PM)	°C	ČSN EN 22719	55	
Obsah vody	mg/kg	ČSN 65 0330		350
Conradsonův karbonizační zbytek (vztaženo na 10 %-ní destil. zbytek)	% m/m	ČSN 65 6210		0,30
Obsah síry	mg/kg	ČSN EN ISO 8754		40
Popel	% m/m	ČSN EN ISO 6245		0,01
Obsah mechanických nečistot	mg/kg	ČSN 65 6080		24
Korozivní působení na měď (3 h při 50 °C)	stupeň koroze	ČSN EN ISO 2160	třída 1	
Číslo kyselosti	mg KOH/g	ČSN ISO 660 ČSN 65 6070		0,25
Obsah metylesterů mastných kyselin řepkového oleje ¹⁾	% m/m	ČSN ISO 6293 ČSN 65 6070 nebo ČSN 58 8763/ ČSN ISO 660	30	36
Výhřevnost (informativně)	MJ/kg	ČSN 65 6169	40,5	

Vyhodnocení výhod a nevýhod motorové nafty															
	kriterium xi								počet preferencí	p_i	k_i	v_i			
			x2	x3	x4	x5	x6	x7							x8
Vlastnosti-výhody	Energetický obsah	x1	1	1	4	5	6	1	8	3	5	4	0,11	0,56	Váha kladných kritérií
	Bod vzplanutí	x2	X	2	4	5	6	7	8	1	8	1	0,03		
	Kinematická viskozita	x3	X	X	4	3	6	7	8	1	7	2	0,06		
	Nízká míra agresivity vůči materiálům	x4	X	X	X	4	4	4	8	6	2	7	0,19		
	Dobrá filtrovatelnost	x5	X	X	X	X	5	5	8	4	3	6	0,17		
Vlastnosti-nevýhody	Obtížně odbouratelná v přírodě	x6	X	X	X	X	X	7	8	3	6	3	0,08	0,44	Váha záporných kritérií
	Vysoký podíl škodlivých emisí	x7	X	X	X	X	X	X	8	3	4	5	0,14		
	Výroba z omezeného zdroje	x8	X	X	X	X	X	X	X	7	1	8	0,22		
										suma k_i		36			
	počet kritérií n	8													

Vyhodnocení kladných a záporných vnějších vlivů ovlivňující motorovou naftu																		
	kriterium xi												počet preferencí	p_i	k_i	v_i		
					x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8							
Vnější vlivy-výhody	Propracovaný systém výroby a distribuce			x1	1	1	4	5	6	1	1	4	4	5	0,14	0,31	Váha kladných vnějších vlivů	
	Přizpůsobení vznětových motorů MN			x2	X	2	4	5	6	2	2	3	5	4	0,11			
	Nízká spotřeba energie při výrobě			x3	X	X	4	5	6	3	8	1	7	2	0,06			
Vnější vlivy-nevýhody	Omezené množství ropy			x4	X	X	X	4	6	4	4	6	2	7	0,19	0,69	Váha záporných vnějších vlivů	
	Rostoucí cena ropy			x5	X	X	X	X	6	5	5	5	3	6	0,17			
	Velké daňové zatížení			x6	X	X	X	X	X	6	6	7	1	8	0,22			
	Závislost mnoha průmyslových odvětví na ropě			x7	X	X	X	X	X	X	8	0	8	1	0,03			
	Závislost ČR na dodávkách ropy ze zahraničí			x8	X	X	X	X	X	X	X	2	6	3	0,08			
												suma k_i		36	1,00			
	počet kriterií n	8																

Vyhodnocení výhod a nevýhod bionafty																		
	kriterium x_i		x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11		počet preferencí	p_i	k_i	v_i	
Vlastnosti-výhody	Cetanové číslo	x1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		0	11	1	0,02	0,44
	Nižší produkce emisí	x2	X	2	4	2	6	7	8	9	2	11		4	7	5	0,08	
	Mazací vlastnosti	x3	X	X	4	5	6	7	8	9	10	11		1	10	2	0,03	
	Obnovitelnost surovin potřebných k výrobě	x4	X	X	X	4	4	4	4	4	4	4		10	1	11	0,17	
	Rychlá biologická odbouratelnost	x5	X	X	X	X	5	7	8	9	10	11		3	8	4	0,06	
	Bezpečnější manipulace a distribuce	x6	X	X	X	X	X	6	8	9	6	11		5	6	6	0,09	
Vlastnosti-nevýhody	Výhřevnost	x7	X	X	X	X	X	X	8	7	7	11		6	5	7	0,11	0,56
	Špatné vlastnosti za nízkých teplot	x8	X	X	X	X	X	X	X	8	8	8		9	2	10	0,15	
	Skladovací stabilita	x9	X	X	X	X	X	X	X	X	9	9		7	3	9	0,14	
	Korozní působení na pohonný systém	x10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11		3	9	3	0,05	
	Zanášení palivových filtrů	x11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		7	4	8	0,12	
														suma k_i	66	1,00		
	počet kritérií	11																

Vyhodnocení kladných a záporných vnějších vlivů ovlivňujících bionaftu																		
	kriterium x_i		x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	počet preferencí	p_i	k_i	v_i	
Vnější vlivy-výhody	Růst cen ropy	x1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	12	0,15	0,62
	Daňové zvýhodnění biosložek	x2	X	2	2	5	2	7	2	2	2	2	2	8	4	9	0,12	
	Zelená kniha EK podporující biopaliva	x3	X	X	4	5	6	7	8	3	3	11	12	2	11	2	0,03	
	Zvyšování ochrany ŽP	x4	X	X	X	5	4	7	4	4	4	4	4	7	5	8	0,10	
	Snížení závislosti na importu ropy	x5	X	X	X	X	5	7	5	5	5	5	5	9	3	10	0,13	
	Podpora zemědělského sektoru	x6	X	X	X	X	X	7	6	6	10	6	6	5	6	7	0,09	
Vnější vlivy-nevýhody	Ekonomická náročnost výroby	x7	X	X	X	X	X	X	7	7	7	7	7	10	2	11	0,14	0,38
	Nízký obsah energie/energie nutná k výrobě	x8	X	X	X	X	X	X	X	9	10	11	12	1	12	1	0,01	
	Závislost koncové ceny na ceně ropy	x9	X	X	X	X	X	X	X	X	9	11	9	3	9	4	0,05	
	Nedostatečně rozvinutá distribuční síť	x10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	10	4	7	6	0,08	
	Nutnost vyčištění palivového systému při přechodu z MN	x11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	11	4	8	5	0,06	
	Neochota výrobců poskytovat záruku na motor	x12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2	10	3	0,04	
														suma k_i	78	1,00		
	počet kritérií	12																